



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr

## **Modellierung und Bewertung von Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege**

Bearbeiter

M.Sc. Susan Hübner

**Verkehrsökologische Schriftenreihe**

Heft 9 /2017

Herausgeber



TU Dresden  
Lehrstuhl für Verkehrsökologie  
Prof. Dr. Ing. Udo J. Becker

Stand

Dresden, den 23.01.2017



**Autor:**

**M.Sc. Susan Hübner**

**Herausgeber:**

**Prof. Dr. Udo J. Becker**

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“  
Lehrstuhl für Verkehrsökologie  
01062 Dresden

Telefon: (0351) 463-36566

Telefax: (0351) 463-37718

E-Mail: [verkehrsoekologie@tu-dresden.de](mailto:verkehrsoekologie@tu-dresden.de)  
[www.verkehrsoekologie.de](http://www.verkehrsoekologie.de)

Als wissenschaftliches elektronisches Dokument veröffentlicht auf dem Sächsischen Dokumenten- und Publikationsserver Qucosa der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek Dresden (SLUB).

Masterarbeit eingereicht: 2016

Veröffentlicht: 2017

Bevorzugte Zitierweise: Hübner, Susan (2016): Modellierung und Bewertung von Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege. Masterarbeit an der Professur für VWL, insb. Makroökonomik und Raumwirtschaftslehre / Regionalwissenschaften, TU Dresden (2016). In: Verkehrsökologische Schriftenreihe (9/2017). ISSN: 2367-315X

## **Vorwort**

Verkehrsaktivitäten stehen in vielfältigen Wechselwirkungen mit ihrem wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Umfeld. Der Lehrstuhl für Verkehrsökologie beschäftigt sich seit seiner Gründung im Jahr 1994 in Forschung und Lehre mit diesen Wechselwirkungen, denn nur eine zusammenfügende Betrachtung kann sinnvolle und tragfähige Lösungen ergeben. Übergeordnetes Ziel aller Arbeiten des Lehrstuhls ist entsprechend der offiziellen Widmung, „zur Verringerung der Umweltbelastungen aus dem Verkehr beizutragen“. Schwerpunkte sind dabei Arbeiten zur Umsetzung einer nachhaltigeren Verkehrsentwicklung, die in folgenden Themenschwerpunkten konkretisiert werden:

- a) Emissionsfaktoren im Straßenverkehr und bei anderen Verkehrsträgern, Fahrmuster sowie Verkehrssituationen und ihre Bestimmung
- b) Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs, Kostenwahrheit, Internalisierungsansätze
- c) Nachhaltige Verkehrsentwicklung: Auswirkungen, Verfahren, Konsequenzen
- d) Forschungsschwerpunkt Rad- und Fußverkehr
- e) Energie und CO<sub>2</sub> im Verkehr, Energieflussmodelle und kumulierte Energieaufwände
- f) Verkehr in Entwicklungsländern
- g) Umweltbildung, Monitoring und Evaluation

Die Ergebnisse der dazu durchgeführten Untersuchungen sowie ausgewählter studentischer Arbeiten sollen im Rahmen dieser „Verkehrsökologischen Schriftenreihe“ einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Damit möchten wir einerseits die fachliche Diskussion zu Problemstellungen einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung und andererseits den offenen Zugang zu Wissen und Informationen unterstützen.

Die Masterarbeit von Frau Susan Hübner beschäftigt sich mit dem Leitbild einer Stadt der kurzen Wege und dessen Wirksamkeit hinsichtlich der exzessiven Ausdehnung städtischer Fläche und den damit verbundenen negativen wirtschaftlichen, ökologischen sowie sozialen Konsequenzen. Neben der Vorstellung des Leitbildes sowie seinen Merkmalen und Wirkungen werden die zugrunde liegende Strategie und mögliche Maßnahmen für deren Umsetzung genauer betrachtet. Den Abschluss der Arbeit bildet die Modellierung ausgewählter Maßnahmen innerhalb eines ökonomischen Stadtmodells. Daraus kann abgeleitet werden, inwieweit diese Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege beitragen und welche Rolle die spezifische Ausgestaltung dieser Maßnahmen spielt.

Die Arbeit verdeutlicht, inwieweit die räumliche Gestaltung von Städten das Verkehrsverhalten beeinflussen kann und bietet der interessierten Öffentlichkeit damit eine wertvolle Informationsquelle. Wir danken Frau Susan Hübner für die engagierte Bearbeitung dieser Themenstellung.

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Tabellenverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
1 Hintergrund und Aufbau der Arbeit .....	- 1 -
2 Theorie der Stadt der kurzen Wege.....	- 5 -
2.1 Merkmale .....	- 5 -
2.1.1 Dichte und Nähe.....	- 5 -
2.1.2 Nutzungsmischung .....	- 7 -
2.1.3 Ergänzende Elemente .....	- 8 -
2.2 Wirkungen einer Stadt der kurzen Wege.....	- 8 -
2.3 Indikatoren einer Stadt der kurzen Wege .....	- 10 -
2.3.1 Strukturindikatoren .....	- 11 -
2.3.2 Wirkungsindikatoren .....	- 12 -
2.3.3 Auswahl der verwendeten Indikatoren .....	- 13 -
3 Praktische Umsetzung einer Stadt der kurzen Wege.....	- 16 -
3.1 Siedlungsstrukturelle Maßnahmen .....	- 17 -
3.2 Organisatorische Maßnahmen.....	- 24 -
3.3 Verkehrliche Maßnahmen .....	- 26 -
3.4 Zwischenfazit .....	- 34 -
4 Modellierung und Bewertung ausgewählter Maßnahmen .....	- 36 -
4.1 Das Modell – Ausgangsfall.....	- 36 -
4.2 Modellierung der Maßnahmen .....	- 39 -
4.2.1 Einführung einer Pigou-Maut .....	- 40 -
4.2.2 Einführung einer kilometerabhängigen Maut .....	- 45 -
4.2.3 Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten .....	- 48 -
4.2.4 Zusatzfunktionen von Versorgungseinrichtungen .....	- 53 -
4.2.5 Flächenregulierung durch Zoning .....	- 56 -
4.3 Zusammenfassender Vergleich der Maßnahmen.....	- 62 -
4.4 Exkurs: Maßnahmenmix .....	- 67 -
4.5 Grenzen der vorliegenden Arbeit .....	- 68 -
5 Zusammenfassung und Ausblick .....	- 71 -
Literaturverzeichnis .....	V
Eigenwörtliche Erklärung:.....	XIII

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Indikatoren zur Maßnahmenevaluation .....	- 14 -
Tabelle 2: Potentiale der Maßnahmen im Sinne von kurzen Wegen.....	- 35 -
Tabelle 3: Kalibrierung des Ausgangsfalls .....	- 38 -
Tabelle 4: Struktur- und Wirkungsindikatoren im Ausgangsfall .....	- 39 -
Tabelle 5: Matrix der Pigou-Maut.....	- 40 -
Tabelle 6: Effekte der Pigou-Maut .....	- 42 -
Tabelle 7: Matrix der kilometerabhängigen Maut .....	- 45 -
Tabelle 8: Effekte der kilometerabhängigen Maut.....	- 46 -
Tabelle 9: Effekte der Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h.....	- 49 -
Tabelle 10: Effekte der Halbierung der Einkaufsdistanzen.....	- 53 -
Tabelle 11: Potentiale der modellierten Maßnahmen im Sinne von kurzen Wegen.....	- 62 -
Tabelle 12: Wirkungsindikatoren im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der Kilometer um 1% im Vergleich zum Ausgangsfall.....	- 66 -
Tabelle 13: Struktur- und Wirkungsindikatoren bei Maßnahmenmix .....	- 68 -
Tabelle 14: Verwendete Indikatoren .....	- 72 -
Tabelle 15: Struktur- und Wirkungsindikatoren im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der zurückgelegten Distanzen des Ausgangsfalls um 1 %.....	- 74 -

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dichte versus Nähe in polyzentrischen Strukturen.....	- 6 -
Abbildung 2: Wechselwirkungen zwischen Raum, Verkehr und Mensch. ....	- 9 -
Abbildung 3: Ansätze der Strategie der kurzen Wege. ....	- 16 -
Abbildung 4: Strategieansätze und Maßnahmen für eine Stadt der kurzen Wege .....	- 33 -
Abbildung 5: Grundlegender Modellaufbau. Eigene Darstellung.....	- 36 -
Abbildung 6: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs im Ausgangsfall...	- 39 -
Abbildung 7: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei Pigou-Maut und relative Änderungen im Vergleich zum Ausgangsfall .....	- 41 -
Abbildung 8: Strukturindikatoren bei Variation einer Pigou-Maut. ....	- 43 -
Abbildung 9: Wirkungsindikatoren bei Variation einer Pigou-Maut.....	- 44 -
Abbildung 10: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei einer kilometerabhängigen Maut und relative Änderungen im Vergleich zum Ausgangsfall..	- 45 -
Abbildung 11: Strukturindikatoren bei Variation einer kilometerabhängigen Maut.....	- 47 -
Abbildung 12: Wirkungsindikatoren bei Variation einer kilometerabhängigen Maut. ....	- 48 -
Abbildung 13: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei Tempo-30....	- 49 -
Abbildung 14: Strukturindikatoren bei Variation der Höchstgeschwindigkeiten .....	- 51 -
Abbildung 15: Wirkungsindikatoren bei Variation der Höchstgeschwindigkeiten.....	- 52 -
Abbildung 16: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen nach Kapazitätsauslastung und Geschwindigkeiten .....	- 52 -
Abbildung 17: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei Halbierung der Einkaufsdistanzen .....	- 54 -
Abbildung 18: Strukturindikatoren bei Variation der Einkaufsdistanzen .....	- 55 -
Abbildung 19: Wirkungsindikatoren bei Variation der Einkaufsdistanzen. ....	- 56 -
Abbildung 20: Strukturindikator der Dichte bei Variation der anteiligen Wohnflächen ...	- 57 -
Abbildung 21: Strukturindikator der Nähe bei Variation der anteiligen Wohnflächen....	- 58 -
Abbildung 22: Strukturindikator der Nutzungsmischung bei Variation der anteiligen Wohnflächen. ....	- 59 -
Abbildung 23: Wirkungsindikatoren bei Variation der anteiligen Wohnflächen.....	- 61 -
Abbildung 24: Dichteindikator im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der Kilometer um 1% im Vergleich zum Ausgangsfall .....	- 65 -
Abbildung 25: Indikator der Nutzungsmischung im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der Kilometer um 1% im Vergleich zum Ausgangsfall.....	- 65 -

## **Abkürzungsverzeichnis**

AP	Arbeitsplätze
BIP	Bruttoinlandsprodukt
bspw.	beispielsweise
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
d. h.	das heißt
EV	Äquivalente Variation (equivalent variation)
EW	Einwohner
LUZ	Larger Urban Zone (entspricht einer Kernstadt und ihrem eng durch Pendelverkehre verflochtenen Umland)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
StVO	Straßenverkehrsordnung
UGB	Urban Growth Boundary
VOT	Value of Time

## 1 Hintergrund und Aufbau der Arbeit

In Europa beträgt der Anteil der in urbanen Gebieten lebenden Bevölkerung bereits heute 75 %. Dieser Anteil wird bis 2020 im Durchschnitt auf etwa 80 % steigen. Die Nachfrage nach Fläche für verschiedene Nutzungen intensiviert sich damit insbesondere im und um den urbanen Raum und führt zu einer exzessiven Flächenausdehnung von Städten – dem sogenannten Urban Sprawl. (European Environment Agency, 2006, S. 5 f)

Für diese Entwicklung existieren zwei Erklärungsansätze, die den Fokus zum einen auf die Nachfrage nach städtischer Fläche bzw. zum anderen auf die Regulierung von urbanen Nutzungsansprüchen legen. (Siedentop, 2005, S. 27)

Ursächlich für Urban Sprawl werden im ersten Fall die Flächennutzungen durch Haushalte und Unternehmen angesehen. Das steigende Wohlstandsniveau, Präferenzen für suburbane Standorte und autoorientierte Verkehrssysteme unterstützen dabei die Dekonzentrationsprozesse und Entdichtung. (Siedentop, 2005, S. 27) Steigende Einkommen erhöhen die Nachfrage nach größerem Wohnraum. Die räumliche Ausdehnung von Städten aufgrund höherer Einkommen wird durch den Anreiz des günstigen Wohnraums in Randlagen zusätzlich verstärkt. Verbesserungen von Verkehrsinfrastruktur reduzieren zudem die Reisezeiten und damit die Transportkosten. Das Wohnen in suburbanen Räumen ist somit mit geringen Pendelkosten verbunden und erhöht ebenfalls seine Attraktivität. (Brueckner, 2000, S. 162 f) Neben allgemeinem Bevölkerungswachstum erklären steigende Einkommen sowie fallende Transportkosten und die damit verbundenen starken Präferenzen der Haushalte für das Wohnen in suburbanen Räumen den „natürlichen“ Trend hin zu dispersen Siedlungsstrukturen. (Gordon & Richardson, 1997)

Aber auch bestehende Marktverzerrungen treiben die städtische Ausdehnung zusätzlich und über das gesellschaftlich optimale Maß hinaus voran. (Brueckner, 2000, S. 163) Die Abwanderung der Bevölkerung in suburbane und gering verdichtete Räume spiegelt dabei die staatliche Subventionierung in diesen Gebieten wider. (Siedentop, 2005, S. 27 f) Freie Fläche stiftet einen gesellschaftlichen Nutzen, da Stadtbewohner bspw. dort Ruhe und Erholung finden können. Wird dieser Nutzen nicht einbezogen, spiegelt der Preis von nicht städtischer Fläche allein den Ertrag aus der landwirtschaftlichen Nutzung wider. Aus gesellschaftlicher Sicht wäre es allerdings optimal, diesen zusätzlichen Nutzen einzubeziehen, was den Preis für Fläche erhöhen und die Neuinanspruchnahme von Fläche senken würde. An dieser Stelle versagt die Marktallokation. Außerdem werden die Stauexternalitäten, d. h. die Kosten aus der Geschwindigkeitsreduzierung aller anderen Verkehrsteilnehmer bei der Fahrt eines zusätzlichen Pkw auf einem Streckenabschnitt, bei den individuellen Entscheidungen nicht berücksichtigt. Gleiches gilt für weitere negative Wirkungen des Verkehrs wie bspw. Luftverschmutzung oder Lärm. Ein aus gesellschaftlicher



Sicht zu hohes Verkehrsniveau und der oben beschriebene Anreiz zum übermäßigen Konsum von Fläche sind die Folge. Fehlende Kostenwahrheit im Verkehr wirkt demnach auch auf die Entstehung städtischer Strukturen. Weiterhin stellt die fehlende Grenzkostenbepreisung damit die für den Verkehrsbereich besonders relevante Ursache für Urban Sprawl dar (Anas & Rhee, 2006, S. 511). Eine dritte Form des Marktversagens bilden die Infrastrukturkosten bei Neuerschließungen. Obwohl die Kosten der Infrastruktur in suburbanen Gebieten höher sind, zahlen deren Bewohner nicht mehr als die innerstädtische Bevölkerung. Sie werden also subventioniert, was das Wohnen am Stadtrand künstlich günstig und damit attraktiver macht. (Brueckner, 2011, S. 73 ff)

Es besteht somit ein bedeutender Unterschied zwischen natürlicher Ausdehnung der Stadt und übermäßigem Wachstum. Die oben beschriebenen Präferenzen können nur schwer und gesellschaftlich nicht vertretbar gesteuert werden. Die bestehenden Marktverzerrungen dagegen sollten behoben werden.

Die so generierte städtische Ausdehnung ist sowohl mit positiven als auch negativen Wirkungen verbunden. Im Allgemeinen führt urbanes Wachstum zu höheren Produktionsniveaus, differenzierten Beschäftigungsmöglichkeiten sowie einer Steigerung von Lebensqualität aufgrund des größeren Angebots an Gütern und Dienstleistungen. Aufgrund der oftmals unkontrollierten Ausdehnung heben die negativen Effekte die positiven jedoch häufig auf. Die wichtigsten Wirkungen von Urban Sprawl können wie folgt zusammengefasst werden: (Bhatta, 2010; Siedentop, 2005, S. 28 ff)

- Ökonomisch: Direkte Konsequenzen der Zersiedelung leiten sich aus dem angesprochenen Marktversagen durch die nicht beachteten Kostenunterschiede für Infrastrukturen in suburbanen Gebieten ab. Im Vergleich zu kompakten Siedlungsstrukturen erzeugt Zersiedelung bei gleicher Anzahl an Haushalten höhere Kosten für Infrastruktur. Weiterhin generiert Urban Sprawl längere Entfernungen zwischen Aktivitäten und damit mehr Verkehr und Staukosten. Auch die Ausweitung der Infrastrukturen ist aus technischen und finanziellen Gesichtspunkten oft nicht lohnenswert.
- Ökologisch: Urban Sprawl wird mit zahlreichen ökologischen Wirkungen verbunden, angefangen von dem irreversiblen Verlust von Bodenfunktionen aufgrund der Versiegelung bis hin zu bspw. der Verschlechterung des Stadtklimas, der Erhöhung des Hochwasserrisikos oder der Verdrängung von Flora und Fauna. Der autoabhängige Lebensstil in zersiedelten Räumen verschlechtert zudem die Luftqualität. Im Resultat zeigt sich eine höhere Konzentration von Luftschadstoffen sowie Treibhausgasen.

- Sozial: Oftmals ist die suburbane Ausdehnung der Stadtgebiete mit der Armutskonzentration in den Kernstädten verbunden. Bestimmte siedlungsstrukturelle Entwicklungen wie bspw. die Regulierung von Flächennutzungen unterstützen die soziale Segregation von Bevölkerungsschichten. In den suburbanen Gebieten selbst wird außerdem der Verlust von sozialem Kapital und Interaktion befürchtet. Auch die stark auf die Pkw-Nutzung ausgerichtete Mobilitätskultur in solchen Gebieten wird mit weniger Bewegung und den damit verbundenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen wie Fettleibigkeit und Bluthochdruck verbunden.
- Verkehrlich: Die verkehrswissenschaftliche Argumentation bezüglich Urban Sprawl begründet sich hauptsächlich auf dem negativen Zusammenhang zwischen der baulichen Dichte und dem Verkehrsaufwand. Dichte Strukturen reduzieren dagegen die Entfernungen zwischen Aktivitäten und erhöhen damit deren Erreichbarkeit. Weiterhin stellt eine hohe Dichte eine Voraussetzung für effiziente öffentliche Verkehrssysteme dar. Aufgrund des komplizierten Wirkungsgeflechts aus individuellen Faktoren, der Raumstruktur und des Verkehrssystems sind jedoch nur begrenzt quantitative Aussagen über den Einfluss der räumlichen Umgebung auf das Verkehrsverhalten möglich. Festzuhalten ist jedoch, dass die Raumstruktur die Voraussetzungen für das Verkehrsverhalten schafft und damit auch so gestaltet werden sollte, dass verkehrssparsame Verhaltensmuster ermöglicht bzw. unterstützt werden.

Das Leitbild der kompakten Stadt bietet eine Möglichkeit, diesen oben genannten Problemen zu begegnen. (OECD, 2012, S. 45 ff) Die verkehrspolitische Ausprägung kompakter Strukturen wird dabei oft als „Stadt der kurzen Wege“ bezeichnet. Die zentrale Logik hinter diesem Konzept besagt, dass aufgrund der geringeren Entfernungen zwischen Aktivitäten und des größeren Nutzerpotentials für den öffentlichen Verkehr in dichten und gemischten Gebieten eine Reduzierung der zurückgelegten Entfernungen sowie eine Verlagerung des motorisierten Verkehrs erreicht werden können.

Trotz der großen Bekanntheit des Leitbildes gibt es Kontroversen bezüglich seiner Verwendung. Zum einen liegt keine einheitliche Definition des Konzeptes vor, was seine Diskussion erschwert. Zum anderen sind die zu erwartenden Wirkungen unklar. Empirisch nachgewiesene positive Effekte können bspw. durch negative Einflüsse überkompensiert werden. Weiterhin steht die Frage nach geeigneten Maßnahmen im Raum, d. h. wie Maßnahmen zur Schaffung kompakter Strukturen am besten umgesetzt und gestaltet sein sollten. (OECD, 2012, S. 26)

An den oben genannten Diskussionspunkten orientiert sich die vorliegende Arbeit. Ziel ist es dabei Maßnahmen zu erarbeiten und zu evaluieren, die die Schaffung einer Stadt der

kurzen Wege begünstigen. Ausgewählte Maßnahmen werden in einem ökonomischen Stadtmodell modelliert und ihre Wirksamkeit im Sinne des Konzeptes bewertet. Dazu legt **Kapitel 2** die theoretischen Grundlagen. Es erfolgt die Definition einer Stadt der kurzen Wege sowie die Vorstellung der zentralen Merkmale und zu erwartenden Wirkungen. Zusätzlich werden Indikatoren erarbeitet, die im weiteren Verlauf der Arbeit zur Beurteilung der Wirksamkeit von möglichen Maßnahmen verwendet werden. **Kapitel 3** beschäftigt sich anschließend mit der Strategie zur Implementierung des Konzeptes sowie geeigneten Maßnahmen für seine Umsetzung. Die ausgewählten Maßnahmen werden in **Kapitel 4** mit Hilfe eines ökonomischen Stadtmodells modelliert und evaluiert. **Kapitel 5** schließt mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse.

## **2 Theorie der Stadt der kurzen Wege**

Eine Stadt der kurzen Wege stellt eine dichte undutzungsgemischte urbane Struktur dar. Umland und Stadt sind dabei deutlich voneinander abgegrenzt. Eine Stadt der kurzen Wege schafft so die Voraussetzung dafür, dass alltägliche Wege bspw. zum Arbeits- und Ausbildungsort sowie zu Einkaufsgelegenheiten verkehrssparsam, in kurzer Zeit und unabhängig vom Pkw bewältigt werden können. (Beckmann u. a., 2011, S. 64) Die implizite Logik, dass Verdichtung und Durchmischung Wege verkürzen sowie motorisierter Verkehr durch nichtmotorisierten Verkehr ersetzt wird, zielt somit auf eine Verkehrsvermeidung und -verlagerung. (Hesse, 1999, S. 323)

Im Fokus des folgenden Kapitels stehen die Merkmale des Konzeptes. Außerdem erfolgt ein kurzer Überblick über die zu erwartenden Wirkungen sowie die Erarbeitung von geeigneten Indikatoren zur Wirksamkeitskontrolle von Maßnahmen im Hinblick auf das Konzept der Stadt der kurzen Wege.

### **2.1 Merkmale**

Dichte und Nutzungsmischung stellen die Basisvoraussetzungen für eine Stadt der kurzen Wege dar. Darüber hinaus werden in der Literatur häufig die Merkmale einer hohen Aufenthaltsqualität sowie einer guten Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem Umweltverbund genannt. Diese Merkmale werden im Folgenden genauer beschrieben.

#### **2.1 1 Dichte und Nähe**

Dichte beschreibt die Intensität einer Flächennutzung. (OECD, 2012, S. 27) Eine hohe städtische Dichte stellt ein zentrales Merkmal einer Stadt der kurzen Wege dar und schafft die wichtige Voraussetzung eines ausreichenden Nachfragepotentials für Versorgungs- und Dienstleistungsunternehmen in fußläufiger Entfernung. Auch die Erschließung durch den öffentlichen Verkehr wird dadurch erleichtert. (Gertz, 1998, S. 100 ff)

Im städtebaulichen Zusammenhang umfasst der Begriff Dichte sowohl die bauliche Dichte als auch die resultierende Einwohnerdichte eines Gebietes. (Beckmann u. a., 2011, S. 66) Diese klar definierten und messbaren Größen ermöglichen den Vergleich von Quartieren, Stadtteilen oder Gemeinden. (Steyrer, 2015, S. 3) Kompakte Siedlungsstrukturen sind dabei jedoch nicht ausschließlich mit einer möglichst hohen Dichte gleichzusetzen, da „deutliche Anzeichen für eine Obergrenze einer verträglichen Dichte“ existieren. (Gertz, 1998, S. 102) Diese Perspektive findet sich in dem Begriff der urbanen Dichte wieder, der

das Zusammenwirken von sowohl baulich-gestalterischen als auch sozialen und Nutzungsaspekten zusammenführt und sich damit auf die Qualität der Gestalt und des Zusammenlebens in einem Gebiet bezieht. (Steyrer, 2015) Allerdings ist die urbane Dichte nur qualitativ erfassbar und daher nicht als Ansatz innerhalb der vorliegenden Arbeit geeignet.

Das Konzept der Stadt der kurzen Wege wird häufig mit monozentrischen Strukturen verbunden. Das Ideal eines Stadtzentrums, in dem alle sozialen und wirtschaftlichen Aktivitäten stattfinden, spiegelt heutzutage jedoch nicht mehr den Großteil urbaner Strukturen wider. Es kann sogar davon ausgegangen werden, dass aufgrund der gestalterischen und funktionalen Unterschiede innerhalb und zwischen benachbarten Städten nahezu alle Metropolregionen als polyzentrisch erachtet werden können. Innerhalb polyzentrischer Strukturen spielt daher neben Dichte auch die Nähe von städtischen Agglomerationen eine wichtige Rolle. In einer Stadt der kurzen Wege müssen Stadtteilzentren nicht zwangsläufig zusammenhängen, sie sind jedoch auch nicht breitflächig verstreut und werden durch den öffentlichen Verkehr verbunden. (OECD, 2012, S. 31 ff) Abbildung 1 veranschaulicht die Unterschiede zwischen Dichte und Nähe auf Stadtebene nochmals grafisch.

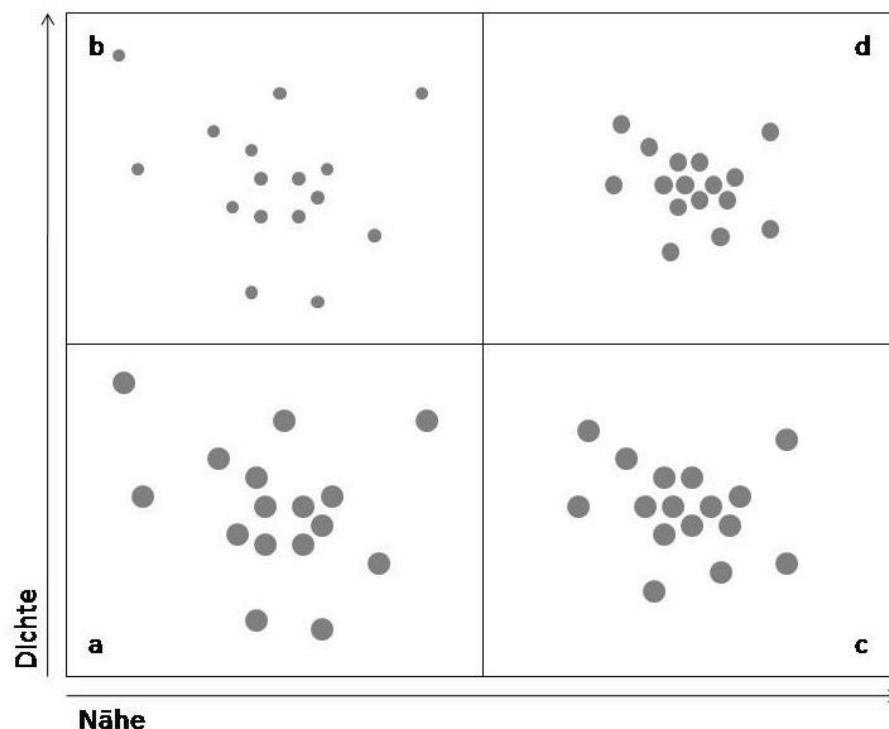


Abbildung 1: Dichte versus Nähe in polyzentrischen Strukturen. Eigene Darstellung in Anlehnung an OECD (2012, S. 30)

Jeder Kreis stellt dabei eine urbane Siedlung mit einer festen Zahl an Einwohnern und Arbeitsplätzen dar. Jeder Quadrant enthält dieselbe Anzahl an Siedlungen. Quadrant b ist doppelt so dicht besiedelt wie Quadrant a, da die gleiche Anzahl an Siedlungen nur die

Hälfte der Fläche beansprucht. Der Standort der Siedlungen bleibt unverändert, nur ihre Größe schrumpft. In Quadrant c befinden sich die Siedlungen im Vergleich zu Quadrant a dagegen näher aneinander. Einwohner und Arbeitsplätze sind weniger stark verteilt und die durchschnittlichen Entfernungen geringer. Obwohl die Dichte, d. h. die Gesamtfläche der Kreise unverändert bleibt, konzentrieren sich mehr Einwohner und Arbeitsplätze jetzt im Zentrum. Quadrant d kombiniert beide Merkmale: die Siedlungen behalten ihren Standort aus Quadrant c, die beanspruchte Fläche je Siedlung reduziert sich jedoch. Quadrant d zeigt somit das theoretische Bild kompakter polyzentrischer Siedlungsstrukturen, das bei Erhöhung von urbaner Dichte und Nähe entsteht. (OECD, 2012, S. 30)

### 2.1.2 Nutzungsmischung

Während Verdichtung unmittelbar den Bedarf an städtischer Fläche reduzieren kann, wirkt Nutzungsmischung eher indirekt über die Reduzierung der Abhängigkeit vom motorisierten Individualverkehr. (Beckmann u. a., 2011, S. 67)

Im Gegensatz zu funktionsgetrennten Strukturen schafft Nutzungsmischung eine möglichst kleinräumige und ausgewogene Zuordnung unterschiedlich miteinander verträglicher Nutzungen (Gertz, 1998, S. 100). Dadurch wird räumliche Nähe zwischen Wohnort und Arbeitsplatz geschaffen und darüber hinaus eine wohnungsnahe Ausstattung mit Erholungs-, Bildungs- sowie Versorgungs- und Dienstleistungsangeboten gewährleistet. Einerseits werden so Wegelängen reduziert, was gleichzeitig die Nutzung des Umweltverbundes unterstützt und andererseits lebendige Räume mit hoher Aufenthaltsqualität geschaffen. (Schreckenber, 1999, S. 81 f)

Dabei ist zum einen eine ausgewogene Mischung anzustreben. Ein Überschuss an Arbeitsplätzen oder Einzelhandelseinrichtungen in einem Gebiet widerspricht diesem Prinzip, da das unausgewogene Angebot große Pendelströme und damit Verkehr erzeugt. Es gilt: je kleinräumiger die Nutzungsmischung, desto größer das Potential zur Distanzreduzierung. (Gertz, 1998, S. 101 f)

Zum anderen geht es darum, verträgliche Nutzungen zu kombinieren. Hauptsächlich steht dabei die Mischung der Wohnfunktion mit anderen Nutzungen wie Dienstleistungsanbietern, der Kreativwirtschaft oder Einrichtungen der Forschung und Entwicklung im Vordergrund. (Beckmann u. a., 2011, S. 68) Aber auch innerhalb eines Bereiches sollten bspw. verschiedene Wohnungsgrößen oder Arbeitsplätze verschiedener Branchen ausgewogen gemischt sein. (Gertz, 1998, S. 101)

### **2.1.3 Ergänzende Elemente**

Die Empirie zeigt, dass Verdichtung und Durchmischung allein oft nicht ausreichen, um eine Stadt der kurzen Wege umzusetzen. Ergänzend werden daher oft auch eine Ausrichtung des Verkehrssystems am öffentlichen Verkehr sowie die Orientierung an den Bedürfnissen des Umweltverbundes im Nahverkehr angestrebt. (Beckmann u. a., 2011, S. 22) Der Zugang zu öffentlichen Verkehrsmitteln erleichtert die Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse der städtischen Bevölkerung und ermöglicht so die Funktionsfähigkeit städtischer Gebiete. (OECD, 2012, S. 27)

Ein weiteres ergänzendes Element einer Stadt der kurzen Wege stellt die Qualität öffentlicher Räume dar. Öffentlicher Raum umfasst dabei sowohl Straßen und Plätze als auch Grünanlagen und Parks. (Beckmann u. a., 2011, S. 69) Eine hohe Gestaltungs- und Freiraumqualität unterstützt, dass die Verkehrssparsamkeit im Einkaufs- und Berufsverkehr nicht durch einen hohen Verkehrsaufwand in der Freizeit überkompensiert wird. (Gertz, 1998, S. 100) Insgesamt zeigt sich jedoch der Trend dahingehend, dass kurzen Wegen im Alltagsverkehr lange Distanzen im Freizeitverkehr gegenüberstehen. Bei andauernder Zunahme der Häufigkeiten und Distanzen von Fernreisen im Allgemeinen besteht so auf lange Sicht die Gefahr der Überkompensation von Distanzreduzierungen im Alltag. (Holz-Rau & Sicks, 2013) Öffentliche Räume mit hoher Aufenthaltsqualität lindern dagegen das Bedürfnis, diese Räume „bei sich jeder bietenden Gelegenheit zu verlassen“ (Beckmann u. a., 2011, S. 69). Hohe Freiraumqualität und Attraktivität setzt dabei insbesondere die Reduzierung von Verkehrsbelastungen voraus. Gleichzeitig sind die Sicherstellung der Zugänglichkeit, Überschaubarkeit und Sicherheit öffentlicher Räume wichtige Erfolgskriterien. (ebd., S. 70 f)

## **2.2 Wirkungen einer Stadt der kurzen Wege**

Betrachtet man das Wirkungsgeflecht aus Raumstruktur, Verkehr und Individuen, dann zeigt sich, dass die Wirkungen einer Stadt der kurzen Wege nur schwer abgeschätzt werden können, da sowohl verstärkende als auch gegenläufige und verkehrsinduzierende Effekte im Zusammenspiel der drei Faktoren existieren. Abbildung 2 fasst die wichtigsten Einflüsse auf das Verkehrsverhalten zusammen.

Auf der einen Seite bestätigt sich, dass Dichte und Nutzungsmischung die Wahl des Fuß-, Rad- und öffentlichen Verkehrs begünstigt, die Verkettung von Wegen erleichtert und die Versorgung mit alltäglichen Gütern in räumlicher Nähe gefördert. Die sinkenden Kosten aufgrund geringerer Distanzen zwischen den Aktivitäten gestalten zusätzlich attraktive Rahmenbedingungen für das Zufußgehen und Radfahren. Der Öffentliche Verkehr kann



weiterhin eine höhere Qualität anbieten und profitiert von der höheren Nachfrage. Diese Wirkungen sind im Sinne einer Stadt der kurzen Wege.



Abbildung 2: Wechselwirkungen zwischen Raum, Verkehr und Mensch. Eigene Darstellung in Anlehnung an Hickman & Banister (2004)

Auf der anderen Seite können die besseren Erreichbarkeiten von Aktivitäten in einer Struktur der kurzen Wege ihre Attraktivität und damit einhergehend die Häufigkeit der Wege erhöhen. Auch stößt eine funktionale Durchmischung bei spezialisierten Fachgeschäften sowie Arbeitsplätzen an seine Grenzen und der Einfluss von räumlichen Strukturen auf das Verkehrsverhalten wird aufgrund der sogenannten Self-Selection<sup>1</sup> gegebenenfalls überschätzt. Von besonderer Relevanz sind die sogenannten Rebound-Effekte, da die Nutzung von eingesparter Reisezeit für längere und/oder zusätzliche Wege unter Um-

<sup>1</sup> Self-Selection beschreibt die Tendenz von Personen, sowohl Ziel- als auch Wohnorte zu wählen, die ihren Mobilitätsmustern, Bedürfnissen und Präferenzen entsprechen. Vergleiche dazu bspw. van Wee (2014).



ständen positive Effekte überkompensieren kann. Letztendlich kann die Pkw-Nutzung durch den Einkommenseffekt und den Motorisierungsgrad verstärkt werden.

Weitere Faktoren wie die soziodemografischen Merkmale der Personen sowie ihre Einstellungen und Präferenzen beeinflussen ebenfalls das Verkehrsverhalten. In welchem Maße dies geschieht, ist dabei jedoch stark vom betrachteten Individuum abhängig.

Eine abschließende Einschätzung der Wirksamkeit des Konzeptes einer Stadt der kurzen Wege ist aufgrund des zugrunde liegenden Wirkungsgeflechts aus individuellen, verkehrlichen und räumlichen Rahmenbedingungen nicht möglich, da neben den gewünschten Effekten ebenfalls gegenläufige Effekte existieren, die den Erfolg des Konzeptes begrenzen (Maat & Arentze, 2012). Zusätzlich erhöhen die zu erwartenden Reaktionen der Firmen und Unternehmen auf eine Veränderung der Raumstruktur die Komplexität des Sachverhaltes.

Der Einfluss räumlicher Effekte auf das Verkehrsverhalten ist ebenfalls Thema empirischer Studien (vgl. bspw. Ewing & Cervero (2010); Leck (2006); Naess (2012); Stead & Marshall (2001)). Dabei zeigt sich, dass Verdichtung und Nutzungsmischung jedoch „lediglich eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für eine Stadt der kurzen Wege ist“ (Beckmann u. a., 2011, S. 28). Die Beeinflussung der Raumstruktur schafft dennoch die wesentlichen Rahmenbedingungen für Ortsveränderungen und darf daher nicht vernachlässigt werden.

Weiterhin liegen die größten verkehrlichen Reduzierungspotentiale der Raumstruktur insbesondere aufgrund der starken Pendelverflechtungen weniger in den zentralen Orten als vielmehr in den umliegenden Regionen. Dem kann man begegnen, indem die Überlastung der Kernstadt sowie ihre einseitige Stärkung und entsprechende Attraktivierung vermieden werden. Das Leitbild im Sinne einer ausgewogenen Stadt- und Regionalentwicklung ist daher auf eine Region der kurzen Wege zu erweitern. (Beckmann u. a., 2011, S. 29)

### **2.3 Indikatoren einer Stadt der kurzen Wege**

Das vorhergehende Kapitel zeigt, dass sowohl Effekte im Sinne einer Stadt der kurzen Wege als auch gegenläufige Effekte existieren. Mit Hilfe von Indikatoren können die zuvor geschilderten Zielvorstellungen überprüft werden. Die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Schaffung kompakter Strukturen kann so zuverlässig und nachvollziehbar beobachtet und bewertet werden (Fuhrich u. a., 2004, S. 10).

Dabei werden Struktur- sowie Wirkungsindikatoren unterschieden. Erstere ermöglichen Aussagen darüber, inwieweit räumliche Strukturen im Sinne einer Stadt der kurzen Wege umgesetzt wurden. Sie messen dazu die oben genannten Schlüsselmerkmale der Dichte, Nähe und Nutzungsmischung. Wirkungsindikatoren veranschaulichen dagegen die Effektivität der Maßnahmen, d. h. in welchem Maße zur Zielerreichung beigetragen wird. (OECD, 2012, S. 80) Im Folgenden werden mögliche Indikatoren vorgestellt und eine Auswahl zur Beurteilung der modellierten Maßnahmen innerhalb der vorliegenden Arbeit getroffen.

### 2.3.1 Strukturindikatoren

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Vorschlägen zu Indikatoren, die die „Kompaktheit“ städtischer Strukturen messen sollen. (OECD, 2012, S. 80) Kompaktheit stellt dabei ein komplexes und multi-dimensionales Phänomen dar, das nicht mit Hilfe eines einzelnen Indikators gemessen werden kann. Aus diesem Grund sollte eine Quantifizierung auf der Kombination mehrerer Indikatoren aufbauen. (Tsibel, 2014, S. 1 Appendix) Angelehnt an die im Kapitel 2.1 erarbeiteten Schlüsselemente werden im Folgenden Indikatoren der Dichte, Nähe und Nutzungsmischung vorgestellt.

#### *Dichte und Nähe*

Es können zwei Ansätze zur Messung der Intensität der Raumnutzung, d. h. der Dichte unterschieden werden: (Tsibel, 2014, S. 2 Appendix ff)

- Allgemeine Dichteindikatoren messen das Maß an Aktivitäten in Bezug zur Fläche. Aktivitäten können dabei bspw. Wohneinheiten, Personen oder Arbeitsplätze darstellen. Wird die Gesamtfläche zugrunde gelegt, handelt es sich um eine Bruttodichte, beim spezifischen Bezug auf die Wohnfläche spricht man von Nettodichte.
- Die Dichteverteilung wird durch die Rate der Verdichtung beschrieben. Dazu gehören zahlreiche Ansätze wie bspw. relative Dichteindikatoren, Entropieindikatoren oder Dichtegradienten.

Mit dem Konzept der Nähe verwandt ist das Konzept der Kontiguität, d. h. inwieweit urbane Agglomerationen zusammenhängen. Zu einem gewissen Grad eignet sich Kontiguität zur Messung von Nähe, dennoch werden die räumliche Struktur sowie die Distanzen zwischen den urbanen Agglomerationen ausgeklammert. (OECD, 2015, S. 82) Für die vorliegende Arbeit eignet sich das Konzept daher nicht.

Die zurückgelegten Entfernungen zwischen Aktivitäten stellen das direkteste Mittel zur Messung von Nähe dar, da zwischen dichten Agglomerationen die durchschnittliche Rei-

seweite geringer ist. Oftmals erfolgt die Messung der durchschnittlichen Pendeldistanzen zur Arbeit. Aber auch die durchschnittlichen Entfernungen zu anderen Aktivitäten als dem Arbeitsplatz spielen eine große Rolle, da sich die Arbeitsstile und Wegezwecke stetig wandeln. (ebd.)

### *Nutzungsmischung*

Das Element der Nutzungsmischung ist eng mit der Erreichbarkeit von Aktivitäten verbunden. In einer Stadt der kurzen Wege sind Ziele leicht und möglichst zu Fuß oder mit dem öffentlichen Verkehr zu erreichen. Aufgrund des breiten Interpretationsspielraumes des Begriffs gestaltet sich die Entwicklung von Indikatoren zur Messung von Nutzungsmischung jedoch schwierig. (OECD, 2012, S. 83)

Für die Messung von Nutzungsmischung existieren insbesondere die folgenden Ansätze: (ebd.)

- Ausgewogenheit von Wohnen und anderen Nutzungen: Ewing (2002) nutzt bspw. das Verhältnis von Arbeitsplätzen und Bevölkerung, die sog. Job-Housing-Balance, als Indikator für die Mischung verschiedener Nutzungen. Mit speziellem Fokus auf Gerechtigkeitsaspekte kann dieses Konzept auf die Betrachtung bestimmter Bevölkerungsgruppen erweitert werden. (OECD, 2012, S. 83) Neben der geografischen Verteilung und Verfügbarkeit der repräsentativen Kernaktivitäten (Zeitungshändler, Restaurants, Einkaufsgelegenheiten, Imbisse, Banken, Apotheken und Ärzte) in einer Stadt berechnet Burton (2002) das Verhältnis von Wohnfläche und Fläche anderer Nutzung. Aspekte der vertikalen Nutzungsmischung werden zudem im Anteil von Wohnungen in Wirtschaftsgebäuden sowie dem Anteil von Läden mit angeschlossener Wohnfläche aufgegriffen.
- Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu Aktivitäten innerhalb eines bestimmten Radius: Dabei werden bspw. der Anteil der Bevölkerung mit Geschäften oder Institutionen innerhalb einer bestimmten Entfernung ihres Wohnortes oder der Bevölkerungsanteil mit zufriedenstellenden Einkaufsmöglichkeiten bzw. einer öffentlichen Grundschule innerhalb eines bestimmten Radius genutzt. (Ewing, 2002)

### **2.3.2 Wirkungsindikatoren**

Im Gegensatz zu den Strukturindikatoren messen Wirkungsindikatoren direkt den Zielerreichungsgrad kompakter Strukturen. Sie können daher ebenfalls zur Bewertung von Maßnahmen und Instrumenten genutzt werden, sollten jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, da oftmals Effekte einer Maßnahme zur Schaffung kompakter Strukturen nur

schwer von den Effekten anderer politischer Eingriffe unterschieden werden können. (OECD, 2012, S. 84)

Die Ziele einer Stadt der kurzen Wege sind in vielen nationalen Nachhaltigkeitsstrategien bereits verankert und in einer Vielzahl von Indikatoren bereits aufgegriffen. Auf Grundlage der empfohlenen Mobilitätsindikatoren für die Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesrepublik Deutschland (Gerlach u. a., 2015) und den Vorschlägen der OECD (2012) werden zur Messung des Wirkungsgrades von Maßnahmen zugunsten kompakter Strukturen die folgenden Indikatoren in Betracht gezogen:

- Ökologisch:
  - Energieverbrauch des Verkehrs
  - Energieverbrauch der Bevölkerung
  - Treibhausgasemission des Verkehrs
  - Schadstoffbelastung der Luft
  - Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche
- Sozial:
  - Erschwinglichkeit
  - Erreichbarkeiten von Nahversorgungseinrichtungen sowie Einrichtungen des gehobenen Bedarfs
- Wirtschaftlich:
  - Ausgaben für Bau und Erhalt städtischer Infrastrukturen
  - Verhältnis der Bruttoanlageinvestitionen zum BIP

### 2.3.3 Auswahl der verwendeten Indikatoren

Die Auswahl der letztendlich genutzten Indikatoren zur Maßnahmenevaluation im Kapitel 4 erfolgt auf Grundlage der folgenden in Gerlach u. a. (2015) genutzten Kriterien:

- Wissenschaftliche Fundierung, d. h. der Indikator sollte den für ihn bestimmten Sachverhalt gut abbilden und Veränderungen anzeigen
- Datenverfügbarkeit, d. h. Datenmaterial steht zu angemessenen Bedingungen (Zeit- und Kostenaufwand) zur Verfügung
- Verständlichkeit, d. h. der Indikator sollte leicht verständlich und interpretierbar sein
- Politische Relevanz, d. h. der Indikator sollte politisch relevante Sachverhalte darstellen

Das Ergebnis des Auswahlprozesses ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Indikatoren zur Maßnahmenevaluation

Kategorie		Indikator	Beschreibung
Struktur-indikatoren	Dichte	Bevölkerungsdichte	Anzahl der Einwohner je Flächeneinheit
	Nähe	Wegelänge	Durchschn. Entfernung der Haushalte pro Jahr
	Nutzungsmischung	Job-Housing-Balance	Anzahl Einwohner je Anzahl Arbeitsplätze
Wirkungs-indikatoren	Ökonomisch	Wohlfahrt	Äquivalente Variation
	Ökologisch	Umweltqualität	Gesamtausstoß an Emissionen des Verkehrs

Als Strukturindikator der Dichte kommt die Bruttobevölkerungsdichte zum Einsatz. Diese ist am einfachsten zu verwenden, sagt jedoch nur wenig über die Dichte der Bebauung aus (Burton, 2002, S. 230). Für die vorliegende Arbeit bildet die Bevölkerungsdichte die Intensität der Flächennutzung allerdings ausreichend ab. Weiterhin können ohne Umstände die benötigten Daten berechnet werden. Auch die Verständlichkeit und Interpretierbarkeit des Indikators sind gegeben und im Hinblick auf Strukturen der kurzen Wege ist eine möglichst hohe Dichte ebenfalls politisch relevant. Da sich die Gesamtfläche der Stadt im Modell nicht ändert, geht die Änderung der Bevölkerungsdichte in einer Zone stets mit der entsprechenden gegenläufigen Änderung der Bevölkerungsdichte in der anderen Zone einher. Aus diesem Grund wird sich auf die Betrachtung der Dichte innerhalb der Kernstadt beschränkt. Ähnlich verhält es sich mit den Wegelängen als Indikator räumlicher Nähe. Da im Modell die Distanzen zwischen den Zonen exogen gegeben sind, eignen sich die durchschnittlichen jährlichen Entfernungen der Haushalte alternativ zur Abbildung der Nähe. Obwohl auch Nutzungsmischung ein Schlüsselmerkmal kompakter Strukturen darstellt, wird diese in der Praxis selten gemessen (Burton, 2002, S. 228). In der verwendeten Modellierung werden die Nutzungsarten von Fläche durch Wohnen, Produktion und Verkehr berücksichtigt. Die Verkehrsfläche ist dabei exogen gegeben. Die Verwendung der Job-Housing-Balance als Indikator für die Nutzungsmischung von Wohnen und Produktion ist daher sinnvoll, die benötigten Daten sind verfügbar und als Schlüsselmerkmal kommt der Nutzungsmischung ebenfalls politische Relevanz zu.

Die Analyse von Maßnahmen mit Hilfe des Stadtmodells ermöglicht die Berechnung von Wohlfahrtseffekten, die die ökonomischen Wirkungen der Maßnahmen verständlich zusammenfassen. Die Maximierung der Gesamtwohlfahrt stellt ebenfalls ein politisches Ziel dar, so dass die Änderung des Nutzenniveaus der Haushalte als Indikator zur Anwendung kommt. Wohlfahrtseffekte werden mit Hilfe der äquivalenten Variation gemessen. Sie entspricht dem äquivalenten Einkommenstransfer, der die Haushalte vor Einführung einer Maßnahme gleich gut stellt wie nach Einführung der Maßnahme (Varian & Buchegger, 2001, S. 242 ff).

Die ökologischen Wirkungen werden mit Hilfe der verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen abgebildet. Diese können im Modell in Abhängigkeit des Stauniveaus berechnet werden. Die Erschwinglichkeit gemessen als Anteil der Ausgaben für Verkehr am Einkommen greift

nur bei einer Steigerung der monetären Transportkosten, was in der Modellierung allein bei der Straßennutzungsgebühr der Fall ist. Damit verliert der Indikator seine Vergleichskraft. Auch die Erreichbarkeiten können nicht adäquat im Modell abgebildet werden, so dass gänzlich auf einen sozialen Indikator verzichtet wird.

### 3 Praktische Umsetzung einer Stadt der kurzen Wege

Die im vorherigen Kapitel beschriebenen baulichen Strukturen schaffen die Voraussetzung dafür, dass alltägliche Mobilitätsbedürfnisse verkehrssparsam umgesetzt werden können. Aufgrund von individuellen Präferenzen oder Engpässen auf dem Wohnungs- und Arbeitsmarkt werden diese Strukturen jedoch häufig nicht oder nur unzureichend genutzt. Ergänzend zu den siedlungsstrukturellen Ansätzen sind daher organisatorische Konzepte notwendig, die die verkehrssparsame Nutzung der vorhandenen Raumstruktur fördern. Auch die Raumdurchlässigkeit beeinflusst Standort- und Wegentscheidungen von Haushalten und Unternehmen. Eine Erhöhung des Raumwiderstandes über die Kosten und den Zeitaufwand von Wegen unterstützt daher zusätzlich verkehrsarme Verhaltensmuster. (Gertz, 1998, S. 100) Abbildung 4 fasst die drei Strategieansätze der kurzen Wege nochmals grafisch zusammen.

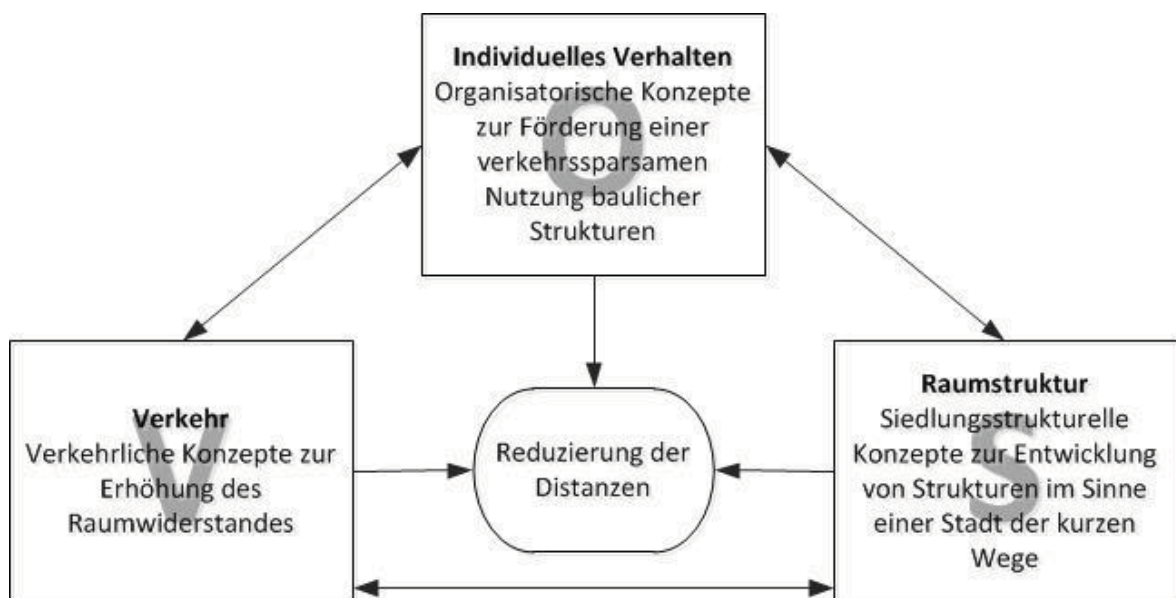


Abbildung 3: Ansätze der Strategie der kurzen Wege. Eigene Darstellung nach Gertz (1998, S. 101)

Diese Ansätze ergänzen sich gegenseitig zu einer Strategie der kurzen Wege und sollten parallel verfolgt werden. Das Leitbild der Stadt der kurzen Wege bildet somit eine Gesamtstrategie, unter der mehrere Einzelmaßnahmen zusammengefasst werden können. (Gertz, 1999, S. 127)

Eine Auswahl möglicher Einzelmaßnahmen entsprechend des Strategieansatzes wird im Folgenden vorgestellt und in Abbildung 4 nochmals zusammengefasst. Die Maßnahmen gliedern sich in die Kategorien der 4E: (Becker, Gerike & Winter, 2009, S. 132)

- Enforcement (ENF): gesetzliche Rahmenbedingungen
- Engineering (ENG): planerische und technische Maßnahmen
- Economy (EC): preisliche Maßnahmen
- Education (ED): erzieherische und kommunikative Maßnahmen

Als Beitrag zur Übersichtlichkeit wurde eine Kodierung nach Maßnahmenkategorie („ENF“ für Enforcement, „ENG“ für Engineering, „EC“ für Economy und „ED“ für Education) und Strategieansatz („S“ für siedlungsstrukturell, „O“ für organisatorisch und „V“ für verkehrlich) entwickelt, um so die Zuordnung in Abbildung 4 zu erleichtern. Im Fokus der Maßnahmenübersicht stehen dabei der zugrunde liegende Wirkungsansatz und beispielhafte Maßnahmen für dessen Umsetzung. Dabei wird Literatur, die anhand eines Stadtmodells die Wirkungen und Effekte einzelner Maßnahmen analysiert und damit einen ähnlichen Ansatz wie die vorliegende Arbeit verfolgt, mit Vorrang betrachtet. Andere Maßnahmen werden aus Gründen der Vollständigkeit kurz beschrieben, allerdings nicht im gleichen Umfang behandelt.

## 3.1 Siedlungsstrukturelle Maßnahmen

Siedlungsstrukturelle Maßnahmen dienen der Schaffung einer Raumstruktur, die Dichte und Nutzungsmischung begünstigen. Vor allem auf der Ebene der Bauleit- und Regionalplanung, aber auch bei der Bodenpolitik und bei finanziellen Instrumenten spielen sie eine Rolle. (Gertz, 1998, S. 103) Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über bereits bestehende Instrumente mit Anpassungsbedarf sowie Ergänzungsmöglichkeiten:

### ***S/ENF: siedlungsstrukturelle gesetzliche Rahmenbedingungen***

In Deutschland existieren drei zentrale gesetzliche Steuerungsinstrumente zur Schaffung von dichten und gemischten Strukturen. Das **Bundesraumordnungsrecht** beinhaltet die Leitvorstellungen einer nachhaltigen Raumentwicklung. Die Leitbilder Wachstum und Innovation, Sicherung von Daseinsvorsorge, Bewahrung von Ressourcen sowie Gestaltung von Kulturlandschaften bilden dabei die Richtlinien für das Handeln von Bund und Ländern. Trotz Angaben über die anzustrebende Raumstruktur und Raumnutzung bestehen derzeit jedoch kaum Auswirkungen auf die Umsetzung einer Struktur der kurzen Wege. (Beckmann u. a., 2011, S. 71 ff)



Weiterhin behandelt das besondere Städtebaurecht innerhalb des **Bauplanungsrechts** städtebauliche Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen. Der Verkehrsbereich wird dabei als eigenständiger Bereich berücksichtigt und die Verkehrsvermeidung und -reduzierung angestrebt. Aufgrund der Vielzahl von Belangen, die in die Abwägungsprozesse einfließen, sollte die Wirksamkeit im Sinne einer Stadt der kurzen Wege allerdings nicht überschätzt werden. (Beckmann u. a., 2011, S. 74 ff)

Letztendlich beinhaltet die **Umweltgesetzgebung** die Priorisierung der erneuten Inanspruchnahme bereits bebauter Flächen sowie die Bewahrung unzerschnittener Landschaftsräume. Für die Reduzierung der Flächenneuinanspruchnahme auf maximal 30 ha pro Tag besteht hier laut Umweltbundesamt ebenfalls noch großer Handlungsbedarf. (Beckmann u. a., 2011, S. 79 f)

Insgesamt existieren mit dem Bundesraumordnungsrecht, dem Bauplanungsrecht und der Umweltgesetzgebung potenzielle Steuerungsinstrumente zur Schaffung von gesetzlichen Rahmenbedingungen einer Entwicklung im Sinne von kurzen Wegen. Um eine möglichst große Wirkung zu gewährleisten, besteht jedoch noch hoher Anpassungs- und Handlungsbedarf.

#### ***S/ENG: siedlungsstrukturelle planerische und technische Maßnahmen***

Die nach OECD (2012) in der Praxis am häufigsten umgesetzten planerischen Instrumente zur Schaffung kompakter Strukturen

- Regulierung der Gesamtfläche bspw. durch Urban Growth Boundaries (UGB)
- Regulierung der städtischen Flächennutzung bspw. durch Zoning

werden im Folgenden näher beleuchtet.

**Urban Growth Boundaries (UGB)** kommen in der Praxis häufig zum Einsatz wie bspw. in Australien, Kanada, den USA, Japan aber auch in europäischen Ländern wie Deutschland, Österreich oder Italien. Auch die Trennung städtischer Fläche von landwirtschaftlicher Nutzung durch die Begrenzung des städtischen Versorgungsgebietes oder sogenannte „Greenbelts“ wirkt in gleicher Weise. (OECD, 2012, S. 119 ff)

Als mengen-basiertes Instrument richtet sich eine UGB direkt gegen die übermäßige Ausdehnung städtischer Fläche, indem es die Fläche, die zur städtischen Nutzung zur Verfügung steht, genau festlegt. (Brueckner, 2011, S. 81) Statt die zugrunde liegende Marktverzerrung der Stauexternalitäten anzusprechen, verknüpft eine UGB damit lediglich die verfügbare urbane Fläche. (O'Sullivan, 2007, S. 198)

Analysen monozentrischer Stadtmodelle beschreiben die Flächenbeschränkung durch eine UGB dennoch als mögliches Instrument gegen Marktverzerrungen aufgrund von Stauexternalitäten. (vgl. bspw. Kanemoto, 1977; R. Arnott, 1979; Pines & Sadka, 1985) Innerhalb monozentrischer Strukturen bewirkt die optimale Beschränkung urbaner Fläche durch eine UGB eine künstliche Verknappung von Land, sodass die Mieten ansteigen. Darauf reagieren die Haushalte mit der Reduzierung der Wohnfläche und im Resultat steigt die Dichte. (Brueckner, 2006, S. 8 f) Dies hat wiederum zur Folge, dass die durchschnittlichen Entfernungen, die Reisezeit zum Zentrum sowie das allgemeine Stauniveau sinken. Im monozentrischen Stadtmodell stellt eine UGB daher durchaus eine Möglichkeit zur Bekämpfung von Stauexternalitäten und damit Urban Sprawl dar. (Anas & Rhee, 2007, S. 265)

Trotz der Einfachheit in ihrer Umsetzung bietet eine UGB jedoch großes Potential für eine falsche Anwendung, da sich die Schätzung der optimalen Beschränkung sehr schwierig gestaltet. Eine unnötige Restriktion wirkt ungerechtfertigt stark auf Mieten und Dichten. Eine zu geringe Eingrenzung der Fläche hat dagegen keine oder nur unzureichende Wirkungen. (Brueckner, 2001, S. 82)

Die Aussage, UGBs seien unter Umständen ein geeignetes Instrument gegen die unerwünschte Ausdehnung urbaner Fläche, greift weiterhin nur innerhalb monozentrischer Strukturen. (Anas & Rhee, 2006, S. 514) Bei der Betrachtung realitätsnäherer Annahmen (Verteilung von Arbeitsplätzen im Stadtgebiet, grenzüberschreitender Verkehr zwischen den Zonen, Heterogenität bei der Wahl von Pendelalternativen) wie in Anas & Rhee (2006, 2007) zeigt sich, dass eine UGB nicht immer eine second-best Alternative gegenüber der Grenzkostenbepreisung bei Vorliegen von Stauexternalitäten darstellt. In den seltenen Fällen, wo dies doch zutrifft, sind Effektivität und die generierten Wohlfahrtsgewinne sehr gering.

Innerhalb dieser Rahmenbedingungen lässt die Verknappung von Land entsprechend die Mietpreise steigen und die Unternehmen Land durch Arbeit substituieren. Aufgrund der abnehmenden Grenzproduktivität von Arbeit sinken die Löhne. Die damit verbundenen Änderungen der Einkommen der Haushalte bewirken Einkommens- und Substitutionseffekte und ändern damit das Verkehrsverhalten. Der Verlust von Infrastrukturen am Stadtrand und die Verdichtung von Produktionsstätten wirken gegenläufig auf den Verkehrsfluss und die Geschwindigkeiten. Auf der einen Seite reduziert die Verdichtung die durchschnittlichen Entfernungen zwischen Aktivitäten. Der Kapazitätsverlust am Stadtrand erzeugt jedoch auf der anderen Seite bei konstanter Anzahl an Wegen ein erhöhtes Stauaufkommen. Die zugrunde liegenden Stauexternalitäten werden somit noch erhöht. (Anas & Rhee, 2006)

Anas & Pines (2008) erweitern die Analyse der Wirkung einer UGB auf die Verteilung der Bevölkerung und die Allokation von Ressourcen zwischen Städten und betrachten somit das inner- sowie intra-städtische Zusammenspiel der Effekte. Insbesondere werden dabei die Wirkungen auf die aggregierte Landnutzung sowie die aggregierten Pendelkosten analysiert. Das verwendete Modell besteht dabei aus zwei monozentrischen Städten, die sich in ihrer Ausstattung mit Annehmlichkeiten und dementsprechend in ihrer Bevölkerungsgröße unterscheiden. Insgesamt zeigt sich, dass innerhalb dieses Systems die Ausdehnung der Gesamtfläche und die aggregierten Reisezeiten nicht zwangsläufig positiv korrelieren. Als Konsequenz lässt sich daraus ableiten, dass Maßnahmen, die auf die Flächenreduzierung einer Stadt zielen, Wechselwirkungen mit anderen Städten vernachlässigen und damit das Gesamtausmaß an Flächenausdehnung erweitern.

Es zeigt sich somit, dass eine UGB kein geeignetes Instrument zur Korrektur von Marktversagen aufgrund fehlender Kostenwahrheit im Verkehr darstellt. Liegt der Grund der exzessiven urbanen Ausdehnung dagegen in der fehlenden Einbeziehung des Wertes von freier Fläche, kann eine angemessene UGB das soziale Optimum erzeugen. (Brueckner, 2007)

Bento & Franco (2006) beurteilen die Wirkung einer UGB u. a. im Hinblick auf seine Effizienz. Bei der Betrachtung der Gesamteffizienz stellt eine UGB eines der effektivsten Mittel gegen Urban Sprawl dar. Allerdings wird auch in dieser Argumentation aus Gründen der Nachvollziehbarkeit auf ein monozentrisches Modell zurückgegriffen, so dass die Aussagekraft der Ergebnisse eingeschränkt ist. Weiterhin werden auch die Standortentscheidungen von Unternehmen und die Wahl des Arbeitsplatzes von Haushalten nicht im Modell abgebildet.

**Zoning** stellt eine weitere Möglichkeit zur planerischen Beeinflussung der Raumstruktur dar und beschreibt im Allgemeinen die Regulierung von Flächennutzungen. Städtische Fläche wird dabei in Zonen unterteilt, in denen verschiedene Nutzungsarten oder Gebäudemerkmale wie bspw. Höhe oder Design geregelt werden. Neben der Trennung von nicht verträglichen Nutzungsarten steht dabei insbesondere die Regulierung der Nutzungsintensität, d. h. der Dichte im Vordergrund. (The Canadian Encyclopedia, 2013)

Für Zoning existieren weltweit zahlreiche Praxisbeispiele. In Frankreich, den USA und Kanada werden bspw. in manchen Stadtgebieten Mindestdichten vorgeschrieben, um somit eine intensive Landnutzung zu gewährleisten. Zusätzlich bestehen Regelungen für eine funktionale Durchmischung der Zonen. (OECD, 2012, S. 119ff)

Dabei können durch Zoning mehrere Formen von Marktversagen adressiert werden, die zu einer nicht optimalen Ausdehnung der Stadt beitragen: (O'Sullivan, 2007, S. 185 ff)

- Der Einsatz von Zoning ist zum einen als umweltpolitische Maßnahme möglich, da die räumliche Trennung zwischen der Industrie als Verursacher negativer Externalitäten wie bspw. Luftschadstoffemissionen und der Bevölkerung eine Pufferzone schafft. Die negativen Wirkungen werden durch diese Maßnahme jedoch nicht auf das sozial optimale Niveau reduziert, sondern lediglich verlagert. Auch die funktionale Trennung von Nutzungen stimmt nicht mit dem Konzept einer Stadt der kurzen Wege überein.
- Zum anderen kann gegen die indirekte Subventionierung suburbaner Räume mit Infrastrukturen durch die innerstädtische Bevölkerung gearbeitet werden, die sich aus der gleichen Grundsteuer für zentrale und suburbane Räume ableitet. Zoning stellt eine Möglichkeit zur Reduzierung dieser steuerlichen Defizite dar, indem in suburbanen Räumen eine Mindestfläche für Grundstücke vorgeschrieben wird. Einige Haushalte, die ein Defizit verursachen würden, werden somit von diesen Gebieten ausgeschlossen. McConnell u. a. (2006) zeigen jedoch, dass diese Form des Zoning in einigen Gebieten geringere Dichten erzeugt. Die Marktverzerrung kann somit zwar ausgeglichen werden, eine dichte und gemischte Struktur im Sinne von kurzen Wegen entsteht jedoch nicht.

Die marktverzerrenden Effekte können demnach durch Zoning zwar angesprochen jedoch nicht ausreichend gemindert werden. Trotz der raumplanerischen Maßnahme würde die Ausdehnung der Stadt aufgrund der Marktverzerrungen weiter verstärkt und damit das Konzept einer Stadt der kurzen Wege bezüglich dichter Strukturen unterlaufen.

Eine Unterkategorie des Zoning stellen Anforderungen an den Floor-Area-Ratio (FAR) dar. (Brueckner, 2011, S. 86) Dieser setzt die Geschossfläche in Beziehung zur Grundstücksfläche. Ein gänzlich einstöckig bebautes Grundstück besitzt somit einen FAR von 1, bei bspw. 3 Stockwerken erhöht sich der FAR auf 3. (ebd. S. 84) Es besteht also ein positiver Zusammenhang zwischen urbaner Dichte und FAR.

Die Setzung eines maximalen FAR stellt ein weit verbreitetes Instrument zur Minderung von negativen Externalitäten wie bspw. Stau dar. Joshi & Kono (2009) leiten aus einem Stadtmodell mit zwei Zonen und Bevölkerungswachstum Optimalitätsbedingungen für die FAR-Regulierung ab. Im Ergebnis zeigt sich, dass ein maximaler FAR allein im Allgemeinen nicht ausreichend wirkt und mit einer minimalen FAR-Regulierung in einer der Zonen kombiniert werden sollte. Weiterhin hängt die optimale Regulierung von der erwarteten Veränderung der Bevölkerung der einzelnen Zonen ab. Es wird daher davon ausgegangen, dass die optimale Dichteregulierung sich mit der Zeit verändert und dementsprechende minimale und maximale FAR-Vorgaben innerhalb von Zonen gegebenenfalls aus-

getauscht werden müssen. Unter Verwendung anderer Annahmen wird dieses Ergebnis ebenfalls von Pines & Kono (2012) bestätigt.

Die Optimalitätsbedingungen von Dichteregulierung unterscheiden sich ebenfalls in geschlossenen und offenen Städten. In einer geschlossenen Stadt verändert sich die Bevölkerungsgröße nicht als Reaktion auf die Regulierungen. Ein Praxisbeispiel dafür stellt das Silicon Valley dar. Da dort hauptsächlich spezialisierte Arbeitskräfte des IT-Sektors leben, wirken sich Veränderungen der Dichte nicht stark auf die Gesamtbevölkerung aus. In einer offenen Stadt dagegen reagiert die Bevölkerungsgröße auf die Regulierungen. Dies ist bspw. in sogenannten „bed towns“ in Japan der Fall, in denen hauptsächlich Menschen wohnen, die in andere Arbeitsorte pendeln. Innerhalb geschlossener Städte sollten sowohl am Stadtrand Mindestdichten als auch im Zentrum Höchstbeschränkungen eingeführt werden. In offenen Städten ist dagegen nur die Mindestdichte notwendig. (Kono & Joshi, 2012, S. 224)

Die räumlichen Analysen des Zoning innerhalb von ökonomischen Stadtmodellen vernachlässigen oft die typischerweise nutzungsgemischten urbanen Strukturen. (Rhee, Yu & Hirte, 2014) betrachten dagegen Zoning bei Vorliegen von Stauexternalitäten und Agglomerationseffekten innerhalb einer Stadt mit gemischter Wohn- und Produktionsfunktion. Demnach ist Landnutzungsregulierung in Kombination mit Produktionssubventionen annähernd so effizient wie das first-best Maßnahmenpaket. (ebd.) In Abhängigkeit vom relativen Stauniveau kann Zoning als Maßnahme gegen Stauexternalitäten dabei sowohl effizienter, genauso effizient oder ineffizienter sein als die first-best Variante einer Maut. Bei Vorliegen von Unsicherheiten oder dem Abweichen vom Optimum wirkt Zoning jedoch nicht nur ineffizient, sondern reduziert mit großer Wahrscheinlichkeit auch die Wohlfahrt. (Rhee & Hirte, o. J.)

#### ***S/EC: siedlungsstrukturelle preisliche Maßnahmen und Anreizsysteme***

Im Bereich Economy geht es einerseits um die Schaffung von Anreizen zur sparsamen Flächennutzung durch die Beseitigung der verzerrenden Infrastruktursubventionierung am Stadtrand. Ein Beispiel dafür stellt die Grundsteuer dar. Andererseits sollen gegenläufige Anreize abgeschafft werden, wie bspw. verzerrende Wohnungsbauförderungen.

Eine **Grundsteuer** kann als Steuer angesehen werden, die zu gleichen Teilen auf das Grundstück an sich sowie seine Bebauung erhoben wird. (Song & Senou, 2005)

Die oben beschriebene Bemessung erfolgt ebenfalls in Deutschland. (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2016) Städte wie bspw. Sydney (Australien), Hong

Kong (China), aber auch Städte in den Vereinigten Staaten, Dänemark und Frankreich besteuern dagegen Neuland höher als bereits bebaute Fläche. Dies soll einen Anreiz setzen, bestehende Brachflächen zu nutzen. (OECD, 2012, S. 122)

Bei einer Grundsteuer wird Land weniger intensiv genutzt als bei einer reinen Flächensteuer. Dies ist darauf zurückzuführen, dass, um die Steuerbelastung zu senken, relativ mehr Fläche geringer bebaut wird. (Song & Senou, 2005) Dieses geringere Niveau an Bebauungen äußert sich insbesondere innerhalb von Wohngebieten in geringeren Gebäudehöhen mit entsprechend geringerem FAR (vgl. dazu Abschnitt S/ENG zum Zoning). Bei gleicher Grundstücksfläche impliziert das eine reduzierte Bevölkerungsdichte. Durch diese Reduzierung der Nutzungsintensität vergrößert sich die benötigte Fläche für eine konstante Bevölkerungszahl. (Brueckner & Kim, 2002) Dieser Effekt wird in anderen Untersuchungen wie bsw. Bento & Franco (2006); Brueckner (2001) und Song & Senou (2005) bestätigt.

Gleichzeitig existiert ein gegenläufiger Effekt. Da die Steuer zu einem gewissen Teil an die Mieter weitergegeben wird, erhöht sich der Preis und die konsumierten Wohnflächen sinken. Geringere Wohnflächen implizieren dagegen eine Steigerung der Bevölkerungsdichte, die gegebenenfalls den Effekt der geringeren Gebäudehöhen kompensieren kann und im Resultat die städtische Fläche senkt. Der Gesamteffekt der Grundsteuer ist daher unklar. (Brueckner & Kim, 2002)

Insgesamt ist eine räumlich differenzierte Grundsteuer einer Einheitssteuer vorzuziehen, d. h. dass eine höhere Besteuerung am Stadtrand und gegebenenfalls sogar eine Subventionierung in Zentrumsnähe sinnvoll sind. (Kono & Pines, 2013)

Im Sinne einer Stadt der kurzen Wege laufen alle Besteuerungsvarianten von Boden darauf hinaus, Innenentwicklung und die Nutzung von Brachflächen zu fördern, indem Neuerschließungen teurer und der Bestand vergünstigt wird. (Beckmann u. a., 2011, S. 78) Neben der Schaffung dieser flächensparenden Anreize gilt es, gegenläufige Anreizstrukturen abzubauen.

Günstige Bodenpreise in Kombination mit Steuervergünstigungen gestalten bspw. das sogenannte „Eigenheim auf der grünen Wiese“ besonders attraktiv. Diese Beeinflussung der Wohnortentscheidungen von Haushalten durch die **Wohnungsbauförderung** hin zum Wohnen am Stadtrand steht in direktem Widerspruch zum Leitbild einer Stadt der kurzen Wege, da sie die Flächenneuinanspruchnahme und Zersiedelung erhöht. Instrumente wie Wohnungsbauprämien, Arbeitnehmer-Sparzulagen, die Eigenheim-Riester-Rente sowie die Bausparförderung verstärken tendenziell diese negative Entwicklung. Diese Anreize lassen relativ starre Strukturen wachsen, deren nachträgliche Reduzierung sich sehr



schwer gestaltet. Am Beispiel der im Jahre 2006 abgeschafften Eigenheimzulage zeigt sich dieses Problem deutlich. (Beckmann u. a., 2011, S. 77)

### ***S/ED: siedlungsstrukturelle erzieherische und kommunikative Maßnahmen***

Da private Haushalte nur wenig Einfluss auf siedlungsstrukturelle Entscheidungen haben, sind erzieherische bzw. kommunikative Maßnahmen zur Schaffung von Strukturen der kurzen Wege mit dieser Zielgruppe nicht bekannt.

Ansätze wie bspw. das von der EU geförderte Projekt Transport Learning stellen dagegen eine Möglichkeit dar, **Kompetenzen und Fachwissen** im Themenfeld nachhaltiger Mobilität an Entscheidungsträger und Politiker weiterzugeben. Innerhalb des Projektes wurden dazu Trainingsmaterialien in acht Modulen erarbeitet, wobei eines sich im Speziellen mit Raumplanung und Wohnen beschäftigt. (TU Dresden (Projektkoordinator), 2013)

## **3.2 Organisatorische Maßnahmen**

Die Schaffung der entsprechenden räumlichen Strukturen im Sinne von kurzen Wegen reicht allein zur Umsetzung des Konzeptes nicht aus. Aus diesem Grund sollen organisatorische Maßnahmen unterstützen, dass das gewünschte Verhalten umgesetzt wird. Sie setzen bei der individuellen Zuordnung verschiedener Nutzungen an und beziehen zum Teil Akteure außerhalb der Stadt- und Verkehrsplanung wie bspw. Unternehmen und Wohnbauträger mit ein (Gertz, 1998, S. 105).

### ***O/ENF: organisatorische gesetzliche Rahmenbedingungen***

Für die Kategorie der gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Beeinflussung des individuellen Verhaltens konnten keine geeigneten Maßnahmen gefunden werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass individuelle Entscheidungen wie die Wohnortwahl oder die Wahl von Verkehrsmitteln und Routen nicht gesetzlich geregelt werden sollten. Es geht vielmehr darum, Rahmenbedingungen zu schaffen, in denen das gewünschte Verhalten freiwillig und selbstständig umgesetzt wird.

### ***O/ENG: organisatorische planerische und technische Maßnahmen***

Eine technische Maßnahme zur Reduzierung von Verkehrsaktivitäten stellt ihre Substitution durch **Telekommunikationstechniken** wie bspw. Telefon, Fax oder Email dar und

findet speziell im Arbeitsalltag Anwendung. (Victoria Transport Policy Institute, 2014) Inwieweit dadurch der Verkehrsaufwand gemindert werden kann, hängt von mehreren Faktoren ab. Auf der einen Seite existieren Substitutionseffekte, da direkt Wege wie bei der Heimarbeit ersetzt werden können. Beispiele dafür sind, wenn die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien finanzielle und zeitliche Ressourcen verbraucht, die damit nicht mehr für Verkehrsaktivitäten zur Verfügung stehen, oder sich die Informationsverfügbarkeit im öffentlichen Verkehr vergrößert und somit seine Attraktivität erhöht. Insgesamt verstärken sich diese Effekte, wenn die Kosten, der Aufwand oder Gefahren im Verkehr steigen. Auf der anderen Seite besteht gleichzeitig das Potential zur Verkehrsgenerierung, da bspw. praktische Umsetzungsbarrieren existieren; ebenfalls der Fall auftreten kann, dass finanzielle und zeitliche Ressourcen eingespart werden, die für andere Nutzungen verfügbar sind oder das Wohnen in dezentralen und weniger dicht besiedelten Gebieten erleichtert wird. (Mokhtarian, 2009)

Die Zusammenhänge zwischen Kommunikationstechnologien und dem menschlichen Verhalten sind insgesamt sehr komplex. Es kann daher nicht abschließend abgeleitet werden, inwieweit sie zur Substitution oder Generierung von Verkehrsaktivitäten beitragen. Dennoch reduzieren sie die Einschränkungen, zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort sein zu müssen, und gestalten das individuelle Verkehrsverhalten damit flexibler. (Kwan & Dijst, 2007)

Für die Einsparung von Einkaufswegen bietet sich ebenfalls die Möglichkeit der **Erweiterung von Geschäften um Zusatzfunktionen**. Beispielhaft sind an dieser Stelle Post- und Bankdienste oder kommunale Dienstleistungen zu nennen. Dies erlaubt kleineren Einrichtungen einen wirtschaftlicheren Betrieb, reduziert die Entfernungen zu Einkaufsgelegenheiten und erhöht die Nutzungsmischung. (Gertz, 1998, S. 106)

#### **O/EC: organisatorische preisliche Maßnahmen und Anreizsysteme**

Preisliche Anreize und Finanzierungsinstrumente wie bspw. ermäßigte Mieten sorgen bei Neuplanungen und Stadterweiterungsprojekten für eine **frühzeitige Ansiedlung von Versorgungseinrichtungen**. Da in den frühen Phasen von Neuplanungen oftmals die Tragfähigkeit solcher Einrichtungen aufgrund der noch geringen Bewohnerzahl und der damit geringen Nachfrage nicht gegeben ist, könnte sich so eine frühzeitige Nahversorgung etablieren und Verhaltensmuster der kurzen Wege prägen. (Gertz, 1998, S. 106)



### **O/ED: organisatorische erzieherische und kommunikative Maßnahmen**

**Belegungs- und Umzugsmanagement** setzt direkt an der Verkürzung der individuellen Entfernungen zwischen Wohn- und Arbeitsort an. Die Umzugsmobilität von Haushalten ist durch die Funktionsweise des Wohnungsmarktes und den meist großen Differenzen der Mieten bei bestehenden und neuen Mietverträgen stark begrenzt. Im Resultat behalten viele Haushalte daher ihre Wohnung auch dann, wenn sich Rahmenbedingungen ändern. Wohnungstauschbörsen und ähnliche Maßnahmen können dagegen die Umzugsmobilität erhöhen und die räumliche Nähe zwischen Wohn- und Arbeitsort unterstützen (Gertz, 1998, S. 105)

Auch für Wohnungsbaugesellschaften bietet ein gezieltes Umzugsmanagement die Möglichkeit der besseren Ausnutzung ihres bisherigen Wohnungsbestandes und der gleichzeitigen Reduzierung des Neubaubedarfs. Somit kann ebenfalls indirekt zur Verkehrsreduzierung beigetragen werden. Weiterhin können Einrichtungen und Unternehmen mit mehreren Standorten im Stadtgebiet wie bspw. Schulen oder Supermärkte durch internen Mitarbeiterwechsel initiieren, dass ihre Beschäftigten an dem Standort arbeiten, der am nächsten an ihrem Wohnort liegt. (ebd.)

Denkbar sind auch Maßnahmen, die die Nahorientierung der Haushalte im Hinblick auf ihr Konsumverhalten unterstützen. Immer stärker lassen sich Vorlieben der Verbraucher für Regionalität erkennen. Eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit innerhalb dieses Themenbereiches und Kampagnen zur **Förderung regionalen Konsumverhaltens** könnten somit ebenfalls einen Beitrag zu kurzen Wegen leisten, indem vermehrt lokale Güter konsumiert werden.

### **3.3 Verkehrliche Maßnahmen**

Die Erhöhung des Raumwiderstandes über die Reisekosten und –zeiten mittels verkehrlicher Instrumente unterstützt zusätzlich die Umsetzung des gewünschten verkehrsspar-samen Verhaltens. (Gertz, 1998, S. 106) Geeignete Maßnahmen werden im Folgenden vorgestellt.

#### **V/ENF: verkehrliche gesetzliche Rahmenbedingungen**

Als zentrales Element der Verkehrspolitik in Deutschland regelt die **Bundesverkehrs-wegeplanung** die Infrastrukturprojekte von Bund und Ländern. Der Fokus liegt dabei stark auf dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur als Reaktion auf prognostizierte Bedarfe

und weniger auf Erhaltungsmaßnahmen des Bestandes. Beispielhaft ist hier der „forcierte Bau von Umgehungsstraßen“ (Beckmann u. a., 2011, S. 81) zu nennen, der bei gleichem Zeitaufwand längere Wege generiert, so den Verkehrsaufwand steigert und die relativen Erreichbarkeiten der Verkehrsmittel verändert. Generell sollte die Verkehrspolitik von diesem reaktiven Verhalten Abstand nehmen und adäquate Steuerungselemente entwickeln. Insbesondere die Internalisierung externer Kosten und damit die Einbeziehung der gesellschaftlichen Kosten in private Verkehrsentscheidungen sind in diesem Kontext besonders wichtig. Auch in der **Integration der Verkehrsplanung** als Querschnittsdisziplin in die Raum- und Siedlungsentwicklung ist eine Alternative zu dem beschriebenen reaktiven Verhalten zu sehen, da somit die aktive Gestaltung der verkehrlichen Quellen und Ziele erreicht wird. (ebd.)

Weiterhin würde eine generelle Entschleunigung des Verkehrs in Form einer **Reduzierung der erlaubten Höchstgeschwindigkeiten** die Attraktivität kurzer Wege steigern, da der Zeitaufwand für lange Wege steigt. (Beckmann u. a., 2011, S. 82) Dazu wäre eine Anpassung der Straßenverkehrsordnung (StVO) erforderlich.

Der Einfluss von geringeren Geschwindigkeiten auf verkehrliche Wirkungen wurde in zahlreichen Studien untersucht. Geringere Geschwindigkeiten werden dabei mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit von Unfällen, geringeren Emissionsniveaus und geringeren Lärmbelastungen verbunden. (Nitzsche & Tscharaktschiew, 2013, S. 24) Gegner von Geschwindigkeitsreduzierungen argumentieren dagegen u. a. mit erhöhten Stauaufkommen und Reisezeiten, der geringeren Kraftstoffeffizienz und den daraus resultierenden höheren Verbräuchen und Emissionen. (Victoria Transport Policy Institute, 2014)

Nitzsche & Tscharaktschiew (2013) untersuchen den Einfluss von Geschwindigkeitsbegrenzungen anhand eines räumlichen Stadtmodells, das u. a. die Standortwahl der Haushalte und Unternehmen, Stauexternalitäten, Kraftstoffverbrauch, verkehrsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die Verkehrsmittel- und Routenwahl abbildet. Eine ganzheitliche Reduzierung der Geschwindigkeiten senkt dabei die Wohlfahrt für die städtischen Haushalte und Landbesitzer, wirkt jedoch gleichzeitig positiv auf die Umwelt. Insbesondere individuelle Verbrauchs- und Nachfragemuster, Entscheidungen bezüglich der Arbeitsangebote, Verkehrsverhalten, Produktionsaktivitäten, Mietpreise und die verkehrlichen Rahmenbedingungen werden dadurch beeinflusst. Eine Höchstgrenze allein in Zentrumsnähe kann dagegen unter Umständen die Gesamtwohlfahrt erhöhen.

Das individuelle Fahrverhalten und damit auch die Geschwindigkeiten hängen in der Realität von der Ausgestaltung von Infrastrukturen wie der Fahrbahnbreite oder Sichtverhältnissen und deren Nutzung in Form von Verkehrsvolumen, Abbiegeverhalten oder Fußgängeraufkommen ab. Eine simple Reduzierung der erlaubten Höchstgeschwindigkeiten

hätte dadurch nur einen relativ geringen Einfluss auf die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten. Zusätzliche Maßnahmen wie die Anpassung der Infrastrukturmerkmale oder eine erhöhte Kontrolle der Einhaltung sind notwendig. (Victoria Transport Policy Institute, 2014)

#### **V/ENG: verkehrliche planerische und technische Maßnahmen**

Eng mit der oben beschriebenen Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten verbunden ist die **Verkehrsberuhigung**. Diese umfasst eine Vielzahl unterschiedlicher Gestaltungsformen von Infrastrukturen und Strategien, die darauf zielen, die gefahrenen Geschwindigkeiten und das Verkehrsaufkommen auf einem bestimmten Streckenabschnitt zu reduzieren (Victoria Transport Policy Institute, 2014). Im Gegensatz zu der Senkung der zulässigen Geschwindigkeiten in der StVO und damit der Schaffung von gesetzlichen Rahmenbedingungen werden hier eher bauliche und gestalterische Eingriffe in das Straßenbild vorgenommen. Auch sind verkehrsberuhigende Maßnahmen eher räumlich auf bspw. einzelne Straßenabschnitte begrenzt. Beispielhaft sind dafür Schwellen, Rampen oder Tempo-30-Zonen zu nennen. Einen Überblick über mögliche Maßnahmen und deren Wirkung geben (Corkle, Giese & Marti, 2001; Richard & Steven, 2000).

Eine sehr breite Maßnahmenkategorie umfasst sämtliche planerischen Instrumente, die die Bedingungen des Umweltverbundes und seiner Nutzung verbessern. Diese **Förderung des Umweltverbundes** umfasst dabei sowohl die Erhöhung der Qualität im ÖPNV als auch die Schaffung attraktiver Rahmenbedingungen für den Fuß- und Radverkehr. (Victoria Transport Policy Institute, 2014) Allgemein besteht das Ziel solcher Maßnahmen darin, durch die Erhöhung der Attraktivität von ÖV, Zufußgehen und Radfahren den Modal Split zu Gunsten des Umweltverbundes zu verlagern und damit die Nutzung des motorisierten Individualverkehrs zu senken. Eine Übersicht geeigneter Maßnahmen geben bspw. Franz, Könighaus & Müller (2014) oder Victoria Transport Policy Institute (2014).

Tscharaktschiew & Hirte (2012) untersuchen die Effekte der Erhöhung der ÖV-Subventionierung innerhalb eines räumlichen Stadtmodells. Die optimalen Subventionierungsniveaus stellen sich dabei zwar eher als sehr gering heraus. Die Subventionierung des ÖV erhöht aber im Gegensatz zur Subventionierung des Straßenverkehrs die aggregierte Wohlfahrt.

Gute Rahmenbedingungen für das Zufußgehen und Radfahren sowie die Nutzung des ÖV stellen eine wichtige Voraussetzung für die Verlagerung von Wegen vom Pkw auf diese Verkehrsmittel dar. Das verwendete Modell innerhalb der vorliegenden Arbeit be-

schränkt sich jedoch auf die Nutzung des Pkw und bildet keine Verkehrsmittelwahl ab. Aus diesem Grund soll diese Maßnahmenkategorie aus Gründen der Vollständigkeit an dieser Stelle genannt sein, wird jedoch nicht vertiefend analysiert.

#### ***V/EC: verkehrliche preisliche Maßnahmen und Anreizsysteme***

Es existiert eine Vielzahl verschiedener Arten zur Erhebung von ***Straßenbenutzungsgebühren***. Sie können sowohl räumlich als auch zeitlich variieren, sich nach Fahrzeugmerkmalen oder dem Besetzungsgrad richten oder kilometerabhängig erhoben werden. (Victoria Transport Policy Institute, 2014) Die Internalisierung der sozialen Grenzkosten durch eine Pigou-Maut stellt einen der Standardansätze bei Vorliegen von Stauexternalitäten dar und wird daher besonders häufig in der Literatur thematisiert. (Button, 1993, S. 149f) Insbesondere als first-best Vergleichsmaßnahme findet die Pigou-Maut oft Anwendung (vgl. dazu bspw. Anas & Rhee (2007); Rhee u. a. (2014)).

Mittlerweile findet das Konzept der Maut in der Praxis im Speziellen in der Form einer Innenstadtmaut Anwendung. Dafür existieren zahlreiche Beispiele, die in Kearns u. a. (2014) zusammengestellt sind. In Deutschland wird bspw. für die Nutzung der Autobahnen und einiger Bundesfernstraßen durch Schwerlastfahrzeuge eine Maut erhoben. (Becker u. a., 2012, S. 12)

Die Wirkungen von Straßenbenutzungsgebühren hängen vom Typ und Ausmaß der Gebühr, vom Ort der Einführung sowie von den vorhandenen alternativen Routen und Verkehrsmitteln ab. Die Einführung einer Maut kann damit Verkehr auf freie Alternativrouten, andere Verkehrsmittel oder nähere Ziele verlagern, aber auch die Wegehäufigkeit reduzieren. Eine zeitliche Differenzierung kann ebenfalls Verlagerungen außerhalb der Spitzenzeiten generieren. Insgesamt zeigt sich, dass je attraktiver die Alternativen, desto höher das Verlagerungspotential durch eine Maut. (Victoria Transport Policy Institute, 2014)

Innerhalb monozentrischer Strukturen ziehen die Arbeitnehmer als Reaktion auf eine Maut dichter an das Zentrum, um so Entfernungen zum Arbeitsplatz zu reduzieren. Eine weitere Reaktionsmöglichkeit stellt die Reduzierung der Anzahl von Fahrten dar. Unternehmen können ihren Standort nicht wechseln und reagieren daher mit einer Anpassung der Löhne. Aufgrund der Verdichtung im Zentrum steht weniger Land für die Produktion zur Verfügung, was das Grenzprodukt von Arbeit sinken lässt. Im Resultat sinken die Löhne, wenn auch nur leicht. (Anas & Rhee, 2006, S. 529) Innerhalb monozentrischer Strukturen wirkt eine Maut positiv auf die Kompaktheit einer Stadt und eliminiert dabei die

überschüssigen Fahrzeiten und die damit einhergehende übermäßige Flächenausdehnung. (Anas & Rhee, 2006, S. 512)

In polyzentrischen Strukturen ergeben sich dagegen mehrere Reaktionsmöglichkeiten. Arbeitnehmer können wie oben weniger Fahrten unternehmen oder ihren Wohnort verändern. Aber auch Unternehmen können nun dichter zu den Arbeitskräften ziehen, was das Arbeitsangebot erhöht und die gezahlten Löhne senkt. Gleichzeitig sinkt so der Preis der Produkte und seine Nachfrage erhöht sich. Die Dezentralisierung der Produktion bewirkt weiterhin eine Substitution von Land und Arbeit, sodass das Grenzprodukt von Arbeit am Stadtrand steigt und mit ihm die Löhne. In polyzentrischen Strukturen bewirkt eine Einführung von Mautgebühren daher höhere Wohlfahrtsgewinne als in monozentrischen. (Anas & Xu, 1999, S. 469)

Obwohl eine Maut im Allgemeinen die Dichte in Zentrumsnähe erhöht und die städtische Fläche senkt, kann in größeren Städten und bei hohen Stauexternalitäten im Zentrum eine Maut die urbane Fläche ebenfalls ausdehnen. (Anas & Rhee, 2007, S. 285)

Es zeigt sich ebenfalls, dass in einem System zweier monozentrischer Städte unterschiedlicher Populationen der ökonomische Sprawl (gemessen als aggregierte Reisezeiten) und der geographische Sprawl (gemessen als aggregierte Fläche) nicht notwendigerweise positiv korrelieren. Eine Reduzierung von den gesamten Reisezeiten kann durch die Einführung einer Maut erreicht werden. Damit einher geht allerdings oftmals die Ausdehnung der aggregierten Fläche. Dieser Zusammenhang betont die Notwendigkeit von übergreifenden Landnutzungsstrategien an Stelle von lokalen Instrumenten. (Anas & Pines, 2008, S. 422)

In der Praxis kann die Grenzkostenbesteuerung auf jeder verkehrsreichen Straße nur schwer umgesetzt werden. Daher werden häufig ausgewählte Hauptverkehrsstraßen oder die Einfahrt von motorisierten Fahrzeugen in ein bestimmtes Gebiet bemaute. Bekannte Beispiele für Städte mit einer Innenstadtmaut sind Singapur, London und Stockholm. Eine Innenstadtmaut führt dabei zu der erfolgreichen Reduzierung von Stau und sekundär auch zu sinkenden Emissionen. Auch die Wohlfahrtsgewinne übersteigen die Kosten der Einführung. Im Gegensatz zu einer Pigou-Maut hängen die möglichen Reaktionen der Haushalte sowohl von ihrem Wohnort als auch ihrem Arbeitsort ab. (Anas & Hiramatsu, 2013)

Insgesamt gilt jedoch, dass viele der Haushalte nur reagieren, wenn die Gebühr ausreichend hoch ist. Insbesondere Verlagerungen des Wohnortes generieren ebenfalls Anpassungen der Mietpreise und Löhne. Und auch Unternehmen reagieren auf die Einführung entsprechend mit der Anpassung der Löhne, Preise, Produktionsniveaus und dem Einsatz

von Inputs. Aber auch eine Änderung des Standortes ist langfristig denkbar. Insgesamt hängen jedoch alle Reaktionsentscheidungen von der räumlichen Verteilung von Bevölkerung und Produktionsstätten im Stadtgebiet, der Höhe der Maut und den äußeren Rahmenbedingungen ab. Eine pauschale Wirkungsabschätzung ist daher nicht möglich. (ebd.)

Insgesamt zeigt sich, dass das Mautniveau sowie die Größe des bemauteten Gebietes die Wirkungen und die Verfügbarkeit des ÖV die Vermeidungsstrategien beeinflussen. Kleine zentrale Mautgebiete führen zu einer Dezentralisierung und erhöhen damit die Dichte in den städtischen Randlagen und damit den Urban Sprawl. Weiterhin sinkt aufgrund der steigenden Kosten der Produktionsoutput innerhalb des Mautgebietes, der Gesamtoutput des Stadtgebietes erhöht sich dagegen aufgrund der nun verfügbaren freien Ressourcen durch die Staubeseitigung. Eine große bemautete Fläche erzeugt gegenläufige Effekte und zentralisiert Arbeitsplätze und Bewohner, erhöht die Outputs im Gebiet und verringert so Urban Sprawl. (Anas & Hiramatsu, 2013, S. 31) Auch im Sinne einer Stadt der kurzen Wege ist der letzten Variante Vorzug zu geben.

Ähnlich wie eine Maut können die sozialen Grenzkosten im Verkehr auch durch eine optimale **Kraftstoffsteuer** internalisiert werden. (Button, 1993, S. 150 f) Höhere Kraftstoffpreise erzeugen dabei eine Kombination aus der Reduzierung des Verkehrsaufkommens und der langfristigen Erhöhung der Kraftstoffeffizienz der Fahrzeuge. Zwei Drittel der gesamten Kraftstoffeinsparungen gehen dabei auf die Effizienzsteigerungen innerhalb der Fahrzeugflotte zurück. Eine Erhöhung der Kraftstoffsteuer eignet sich daher gut zur Reduzierung der Kraftstoffnachfrage, für eine erwünschte Entfernungsreduzierung eignen sich andere Maßnahmen dagegen besser. (Victoria Transport Policy Institute, 2014)

Ortuño-Padilla & Fernández-Aracil (2013) analysieren den Einfluss des Kraftstoffpreises auf die Entwicklung des Urban Sprawl in Spanien. Ein Anstieg des Kraftstoffpreises erzeugt einen Rückgang der Bauvorhaben von Einfamilienhäusern und reduziert damit den Urban Sprawl. Die Erhöhung der Kraftstoffpreise beeinflusst also nicht nur direkt das Verkehrsverhalten, sondern hat auch indirekt eine dämpfende Wirkung auf die Flächenausdehnung.

Die Erhebung von **Parkgebühren** findet weltweit Anwendung. Neben der Generierung von Einnahmen wirken Parkgebühren auch auf das Verkehrsverhalten. Selbst sehr geringe Gebühren können dabei eine große Wirkung entfalten und signifikant das Verkehrsaufkommen senken. (Victoria Transport Policy Institute, 2014)

Die ökonomische Literatur zu diesem Thema ist nicht breit gefasst und modelliert Parkgebühren größtenteils als fixen Betrag, der am Ende einer Fahrt zu den Kosten hinzu addiert



wird. (Arnott & Inci, 2005, S. 3) Aus diesem Grund und wegen der Komplexität der möglichen Ausgestaltungen werden sie in der vorliegenden Arbeit nicht näher betrachtet.

Allgemein gilt, dass sämtliche Maßnahmen, die die Kosten einer Autofahrt erhöhen tendenziell positiv im Sinne von kurzen Wegen wirken, da bei steigenden Kosten die Nachfrage sinkt und eine Verlagerung auf andere Zeiten, Routen, Ziele oder Verkehrsmittel erfolgt. Pauschal können die Wirkungen von kostensteigernden Maßnahmen insbesondere im Hinblick auf strukturelle Veränderungen jedoch nicht abgeschätzt werden.

Gleichzeitig existieren aber auch Anreize, die entgegen dem Leitbild einer Stadt der kurzen Wege wirken. Dazu gehört die in Deutschland seit 2004 geltende verkehrsmittelunabhängige **Entfernungspauschale** für den Weg zum Arbeitsplatz, die die individuelle Einkommenssteuerlast reduziert. (Beckmann u. a., 2011, S. 78) Diese indirekte Subventionierung langer Wege gestaltet dezentralisierte und zersiedelte Strukturen künstlich attraktiv.

Hirte & Tscharaktschiew (2013) nutzen ein räumliches Stadtmodell mit endogenen Standortentscheidungen der Bevölkerung und Unternehmen, heterogenen Haushalten, polyzentrischen Strukturen und dem Vorliegen von Stauexternalitäten sowie Wechselwirkungen zwischen dem städtischen Land-, Arbeits- und Gütermarkt. Dabei bestätigt sich, dass zwischen der Entfernungspauschale und sowohl den Pendeldistanzen und der räumlichen Ausdehnung der Stadt als auch dem Grad an Suburbanisierung ein positiver Zusammenhang besteht. Die Größenordnung dieser Effekte ist jedoch eher gering.

#### **V/ED: verkehrliche erzieherische und kommunikative Maßnahmen**

Ähnlich wie die planerische und gestalterische **Förderung des Umweltverbundes**, können auch Kampagnen und gezielte Öffentlichkeitsarbeit seine Nutzung erhöhen und Verkehr vom Pkw verlagern. Aufgrund der fehlenden weiterführenden Untersuchungen und den Wirkungsparallelen mit den bereits betrachteten planerischen Maßnahmen, endet die Betrachtung an dieser Stelle.

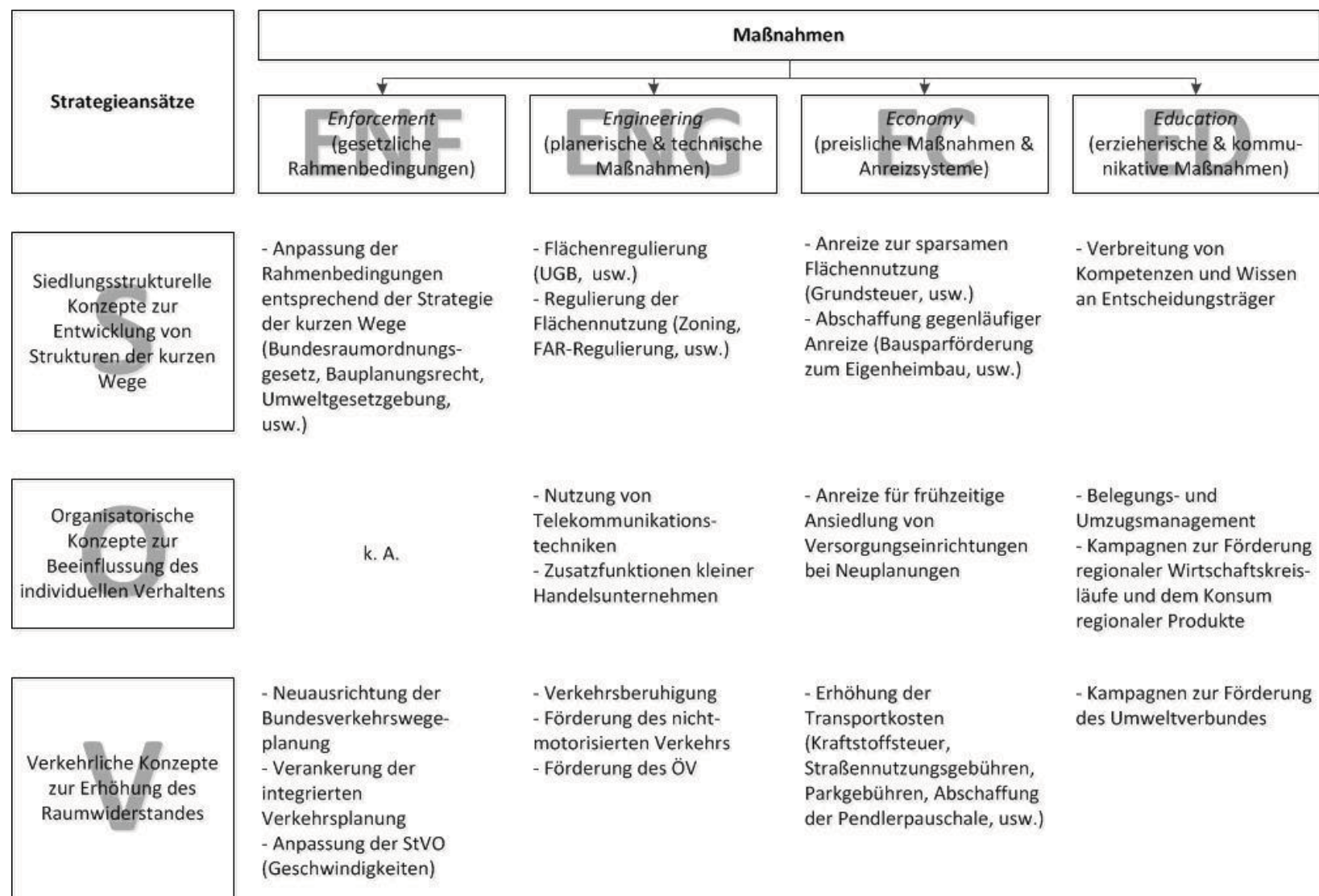


Abbildung 4: Strategieansätze und Maßnahmen für eine Stadt der kurzen Wege. Eigene Darstellung nach Beckmann u. a. (2011); Gertz (1998); OECD (2012); Victoria Transport Policy Institute (2014)



### 3.4 Zwischenfazit

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Strategie der kurzen Wege und die möglichen Maßnahmen sowohl Push- als auch Pull-Elemente enthalten. Push-Maßnahmen forcieren dabei direkt das gewünschte Verhalten, wohingegen Pull-Maßnahmen gleichzeitig die gewünschten Verhaltensänderungen durch die Attraktivierung von Alternativen unterstützen (Bourn & MacDonald, 2012, S. 5). Schon im Strategieaufbau lässt sich diese Struktur erkennen, da neben der Schaffung der entsprechenden räumlichen Merkmale ebenfalls ihre Umsetzung durch zusätzliche Strategieelemente gefördert wird. Auch auf der Maßnahmenebene gestalten Instrumente, die bspw. die Transportkosten oder Reisezeiten des motorisierten Verkehrs erhöhen, die Nutzung des Pkw allgemein und für lange Wege unattraktiv. Gleichzeitig existieren auch Maßnahmen, die die Alternativen des Zufußgehens, Radfahrens oder der ÖV-Nutzung unterstützen. Dieser Aufbau verspricht großen Erfolg bei der praktischen Umsetzung.

Tabelle 2 fasst die eben beschriebenen Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege nochmals zusammen und beurteilt ihr Potential für die gewünschte Strukturentwicklung und Zielerreichung. Dazu werden die in Kapitel 2.3 erarbeiteten Struktur- und Wirkungsindikatoren genutzt.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass eine finale Bewertung der Maßnahmen oftmals nicht möglich ist. Dies liegt zum einen daran, dass die ausgewertete Literatur zum Teil manche Aspekte wie bspw. den Einfluss einer Maßnahme auf die verkehrlichen Emissionen nicht untersucht. Zum anderen können Maßnahmen je nach Ausgestaltung unterschiedliche und gegebenenfalls gegenläufige Wirkungen erzeugen. Die Bewertungen der Maßnahmen in der folgenden Tabelle dienen daher nur dem groben Überblick und bilden allein das Potential der Maßnahmen ab. Im Einzelfall und unter bestimmten Rahmenbedingungen können die Wirkungen durchaus variieren.

Aus diesem Grund betrachtet das folgende Kapitel ausgewählte Maßnahmen und ihre Wirkungen genauer. Im Fokus stehen dabei

- eine Straßennutzungsgebühr
- eine Begrenzung der erlaubten Höchstgeschwindigkeiten
- die Einführung von Zusatzfunktionen für Geschäfte sowie
- die Regulierung der Flächennutzungen durch Zoning.

Bei der Auswahl der Maßnahmen wurde darauf geachtet, dass sowohl jeder Strategieansatz als auch jede Maßnahmenkategorie vertreten ist. Kommunikative Maßnahmen wurden dabei aufgrund ihrer mangelnden Eignung zur Modellierung ausgeklammert.

### 3 Praktische Umsetzung einer Stadt der kurzen Wege

Tabelle 2: Potentiale der Maßnahmen im Sinne von kurzen Wegen

Kategorie	Maßnahme	Strukturindikatoren			Wirkungsindikatoren	
		Dichte: Bevölkerungsdichte	Nähe: Wegelänge	Nutzungs- mischung: Job-Housing- Balance	Ökonomisch: Wohlfahrt	Ökologisch: Emissionen
S/ENF	Bundesraumordnungsgesetz	+	x	+	x	x
	Bauplanungsrecht	+	+	+	x	x
	Umweltgesetzgebung	+	x	x	x	+
S/ENG	UGB	+	+	x	0	0
	Zoning	0	0	x	0	x
	Grundsteuer	0	x	x	0	x
S/EC	Abschaffung Wohnungsbauförderung	+	+	x	x	x
S/ED	Kompetenzen/ Fachwissen	+	x	+	x	x
	Telekommunikation	0	0	x	x	0
O/ENG	Erweiterung von Geschäften um Zusatzfunktionen	x	+	+	x	x
O/EC	Frühzeitige Ansiedlung von Versorgungseinrichtungen	x	+	x	x	x
O/ED	Belegungs- und Umzugsmanagement	x	+	x	x	+
	Förderung regionalen Konsums	x	+	x	x	x
V/ENF	Bundesverkehrswegeplanung	x	0	x	x	0
	Integration der Verkehrsplanung	+	x	+	x	+
	Reduzierung der Höchstgeschwindigkeiten	x	0	x	0	+
V/ENG	Verkehrsberuhigung	x	0	x	x	x
	Planerische Förderung Umweltverbund	x	+	x	+	+
	Straßennutzungsgebühren	+	0	+	0	x
V/EC	Kraftstoffsteuer	+	+	x	x	x
	Abschaffung Pendlerpauschale	+	+	x	x	+
	Parkgebühren	x	x	x	x	x
V/ED	Kommunikative Förderung des Umweltverbundes	x	x	x	x	+

Erläuterung: + Potential im Sinne des Leitbilds, - kein Potential im Sinne des Leitbilds, 0 kein bzw. gemischter Einfluss, x Beurteilung innerhalb der vorliegenden Arbeit nicht möglich

## 4 Modellierung und Bewertung ausgewählter Maßnahmen

Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen der vorherigen Kapitel erfolgt an dieser Stelle die Modellierung ausgewählter Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege. Dazu wird zunächst kurz das verwendete Modell sowie die Kalibrierung des Ausgangsfalls erläutert. Anschließend werden die Effekte nach Einführung der Maßnahmen ausgewertet und abschließend das Potential der kurzen Wege der Maßnahmen untereinander verglichen. Die Evaluationsgrundlage stellen dabei die vormals entwickelten Indikatoren dar.

### 4.1 Das Modell – Ausgangsfall

Im Zusammenhang mit der ökonomischen Analyse von Urban Sprawl und der Evaluation von Maßnahmen für dessen Eindämmung kommt es auf eine möglichst realitätsnahe Abbildung moderner urbaner Strukturen an, die durch heterogene Gebiete gekennzeichnet sind. Dies bedeutet, dass die Arbeitsplätze im Stadtgebiet verteilt sind, Nutzungsmischung von Wohnen und Produktion innerhalb der einzelnen Zonen abgebildet wird sowie das Verkehrsaufkommen endogen generiert ist. (Anas & Rhee, 2007, S. 264)

Aus diesem Grund verwendet die vorliegende Arbeit ein ökonomisches Stadtmodell nach Anas & Xu (1999) und greift damit die zuvor genannten Aspekte moderner Stadtstrukturen auf. Das Modell beinhaltet die endogenen Standortentscheidungen der produzierenden Unternehmen mit flexibler Nachfrage nach den Inputs Arbeit und Land. Produktions- und Wohnstandorte sind dabei endogen in allen Zonen gemischt. Verkehr entsteht aufgrund von Arbeiten sowie Einkaufen und Wechselwirkungen zwischen Arbeit und Freizeit. Abbildung 5 zeigt den grundlegenden Modellaufbau.

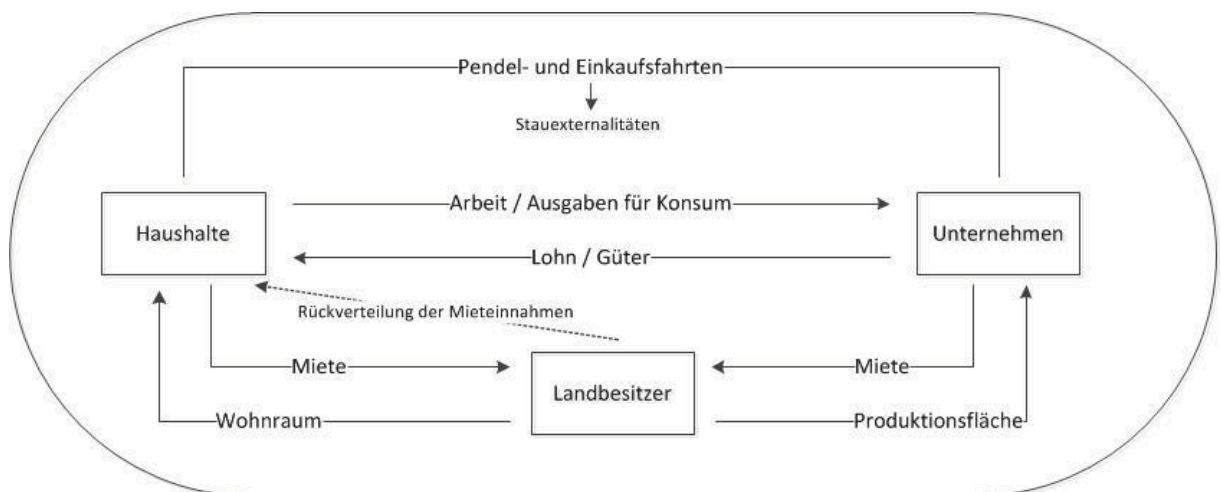


Abbildung 5: grundlegender Modellaufbau. Eigene Darstellung

Innerhalb einer Zone produzieren identische Unternehmen, die sowohl im Input- als auch im Outputmarkt im Wettbewerb stehen. Aus Sicht der Konsumenten stellen Güter, die in unterschiedlichen Zonen hergestellt wurden, Produktdifferenzierungen dar. Ein einzelnes Unternehmen unterliegt einer Cobb-Douglas-Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen und nutzt zur Produktion die beiden Inputs Land und Arbeit. Die Anzahl der Firmen in einer Zone ist damit unbestimmt und freier Marktzutritt innerhalb jeder Zone garantiert Nullgewinne der Unternehmen. (Anas & Xu, 1999, S. 456 f)

Die  $N$  Haushalte wohnen in Zone  $i$  und arbeiten in Zone  $j$ . Daraus ergeben sich für jeden Haushalt entsprechende Pendelbewegungen  $(i,j)$ . Weiterhin fahren die Haushalte von ihrem Wohnort  $i$  in jede Zone  $k$ , um dort jeweils eine Einheit des produzierten Güterbündels einzukaufen. Darin spiegelt sich ihre Neigung zur Produktvielfalt wider. Die Haushalte ziehen Nutzen aus eben diesem Konsum, Wohnfläche und Freizeit. Außerdem unterliegen die Haushalte einer zeitlichen und monetären Beschränkung. Das Zeitbudget setzt sich aus der Arbeitszeit, den Reisezeiten für Arbeit und Einkauf sowie der Freizeit zusammen. Außerdem dürfen die Ausgaben für Einkauf, Wohnen und Verkehr die Einnahmen aus Arbeitseinkommen und der Pro-Kopf-Rückverteilung der Mieten nicht übersteigen. Die Haushalte verfolgen bei ihrer Wohnortwahl ein zweistufiges Nutzenkalkül. Zunächst wird dazu für jede Kombination von Wohn- und Arbeitsort die nutzenmaximale Nachfrage nach Konsumgütern, Wohnfläche und Freizeit bestimmt. Diese standortspezifischen Nutzenniveaus werden im zweiten Schritt verglichen und ihr Maximum gewählt. Die Auswahlwahrscheinlichkeiten sind dabei durch ein diskretes Wahlmodell beschrieben und ein Parameter für Geschmacksheterogenität regelt die unterschiedliche Bewertung. (Anas & Xu, 1999, S. 457 ff)

Verkehrsinfrastrukturen werden exogen bereitgestellt. Die Ortsveränderungen der Haushalte erzeugen entsprechende Verkehrsflüsse innerhalb und zwischen den Zonen. Auf Grundlage einer Staufunktion ergeben sich daraus die Reisezeiten. (Anas & Xu, 1999, S. 460 f) Aus Gründen der Überschaubarkeit werden alle Wege mit dem Pkw zurückgelegt und es existiert jeweils nur eine Verbindung zwischen und innerhalb der Zonen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach Tscharaktschiew & Hirte (2010, S. 343) in Abhängigkeit der Reisezeiten. Ihre Höhe hängt von den Geschwindigkeiten und der Kapazitätsauslastung der Infrastruktur ab. Es besteht damit ein positiver Zusammenhang zwischen Emissionen je Kilometer und der Anzahl an Fahrzeugen auf einem Streckenabschnitt. Weiterhin fallen die Emissionen bei steigenden Geschwindigkeiten bis zu einem gewissen Punkt und steigen anschließend aufgrund des höheren Kraftstoffverbrauchs wieder an.

Die Messung der Wohlfahrt erfolgt mit Hilfe der äquivalenten Variation (equivalent variation - EV). Diese entspricht dem Einkommenstransfer, der einen Haushalt vor Einführung einer Maßnahme genauso gut stellt wie danach und ist bei wohlfahrtserhöhenden Maßnahmen positiv. (Tscharkschew & Hirte, 2010, S. 350) Die EV berechnet sich aus der mit dem durchschnittlichen Grenznutzen des Ausgangsfalls bewerteten Nutzendifferenz von Maßnahme und Ausgangsfall.

Um die Wirkungen einer Maßnahme im Hinblick auf die Wohlfahrt und die Emissionen vergleichbar zu machen, werden letztere mit Hilfe eines Kostensatzes monetarisiert. Wie vom Umweltbundesamt empfohlen, wird der mittelfristige Durchschnitt von 145 € je Tonne CO<sub>2</sub> angesetzt. (Schwermer u. a., 2012, S. 5) Dabei werden die Emissionsdifferenzen zwischen Ausgangsfall und Maßnahme betrachtet. Senkt eine Maßnahme also die verkehrlichen Emissionen kommt es zu positiven Emissionseinsparungen, erhöht sie die Emissionen dagegen, sind die Einsparungen negativ.

Die Simulation des Modells erfolgt mit Hilfe von GAMS (General Algebraic Modeling System). Aufgrund der betonten Notwendigkeit der Erweiterung des Konzeptes einer Stadt der kurzen Wege auf eine Region der kurzen Wege werden zwei Zonen modelliert, die einer Kernstadt und ihrem Umland, d. h. insgesamt einer Larger Urban Zone (LUZ) entsprechen. Dafür wurden einige Parameter an empirisch beobachtbaren Größen ausgerichtet und andere so angepasst, dass die wirtschaftlichen, räumlichen und mit Verkehr verbundenen Merkmale mit denen einer durchschnittlichen LUZ der Bundesrepublik Deutschland übereinstimmen. Tabelle 3 fasst die wichtigsten Parameter zusammen.

Tabelle 3: Kalibrierung des Ausgangsfalls

	Modell	Empirie	Quelle
Fläche der LUZ [km <sup>2</sup> ]	1.400	1.432 (2011)	[1]
Einwohner	620.000	622.745 (2011)	[1]
Bevölkerungsdichte [Personen/km <sup>2</sup> ]	443	434 (2011)	[1]
BIP [€/Einwohner*Jahr]	37.097	27.485 (2012)	[2]
Durchschn. Arbeitseinkommen [€/Jahr]	29.924	29.544 (2012)	[3]
Durchschn. Lohnsatz [€/h]	19,9	24,3 (2012)	[3]
Durchschn. Miete [€/m <sup>2</sup> *Jahr]	73,05	86,28 (2015)	[4]
Verhältnis Einkaufs- und Arbeitsfahrten	2,76	2,5 (2008)	[5]
Durchschn. Reisezeit [Min/Tag]	82	79-88 (2008)	[6]
Zurückgelegte Entfernung je Haushalt [km/Jahr]	15.245	15.221 (2013)	[7]

[1] (KOSIS-Gemeinschaft, o. J.), [2] (Statistische Ämter der Länder, 2014), [3] (Statistisches Bundesamt, 2015),

[4] (immowelt, 2016), [5] (Bundeszentrale für politische Bildung, 2013), [6] (Infras & DLR, 2010),

[7] (Streit, Chlond, Weiß & Vortisch, 2015)

Im Ausgangsfall befinden sich 15,4 % der Haushalte bzw. 52,8 % der Arbeitsplätze in der Kernstadt und entsprechend 84,6 % bzw. 47,2 % im Umland. Die Bevölkerungsdichte der Kernstadt liegt damit bei 954,5 Personen je km<sup>2</sup>. Der Überschuss an Arbeitsplätzen in der Kernstadt sowie der Überschuss an Arbeitskräften im Umland zeigt sich entsprechend in der jeweiligen Job-Housing-Balance (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Struktur- und Wirkungsindikatoren im Ausgangsfall

Indikator	Beschreibung	Ausprägung im Ausgangsfall
Dichte	Bevölkerungsdichte Kernstadt [Personen je km <sup>2</sup> ]	954,5
Nähe	Durchschnittl. Entfernungen je Haushalt und Jahr [km]	15.245
Nutzungs-	Job-Housing-Balance Kernstadt [AP/EW]	3,43
mischung	Job-Housing-Balance Umland [AP/EW]	0,56
Wohlfahrt	Nutzenniveau	7,76
Umweltqualität	Emissionen im Stadtgebiet [t]	1,39

Die aufgrund dieser Siedlungsstruktur entstehenden Verkehrsaktivitäten sind in Abbildung 6 dargestellt. 53,6 % der Haushalte der Kernstadt bzw. 47,4 % der Bewohner des Umlandes arbeiten auch an ihrem Wohnstandort. Beim Einkaufen fragen die Bewohner der Kernstadt mit etwa 63 % den Großteil ihres Konsums lokal nach, im Umland werden dagegen nur etwa 42 % der nachgefragten Güterbündel lokal produziert. Die Ortsveränderungen der Haushalte erzeugen dabei etwa 1,4 t CO<sub>2</sub> im Jahr und führen zu durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeiten von 44,9 km/h. Die durchschnittliche Reisezeit liegt bei 82 Minuten pro Tag, wobei für eine Fahrt zum Arbeitsplatz durchschnittlich 12 Minuten und für eine Einkaufsfahrt durchschnittlich 11 Minuten benötigt werden. Insgesamt legt ein Haushalt so durchschnittlich 15.245 km im Jahr zurück.

<b>Pendelbewegungen</b> [Fahrten je Arbeitstag]	Kernstadt	Umland	<b>Einkaufsbewegungen</b> [Fahrten je Jahr]	Kernstadt	Umland
Kernstadt	51.145	44.300	Kernstadt	450	265
Umland	276.106	248.449	Umland	392	293

Abbildung 6: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs im Ausgangsfall

### 4.2 Modellierung der Maßnahmen

Für die Modellierung wurden die folgenden Maßnahmen gewählt:

- **Straßenbenutzungsgebühr:** Die Grenzkostenbepreisung mit Hilfe einer Pigou-Maut stellt das first-best Instrument bei Vorhandensein von Stauexternalitäten dar und wird daher in die Auswahl eingeschlossen. Aufgrund der starken Ähnlichkeit dieser Pigou-Maut mit einer Innenstadtmaut wird zusätzlich eine kilometerabhängige Gebühr zum Vergleich betrachtet. (4.2.1 und 4.2.2)
- **Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten:** Da viele Maßnahmen direkt oder indirekt auf eine Reduzierung der Geschwindigkeiten zielen, schließt die Modellierung ein breites Spektrum an Instrumenten ein und ist daher für die weitere Betrachtung geeignet. (4.2.3)
- **Zusatzfunktionen von Versorgungseinrichtungen:** Die Ergänzung von Gelegenheiten um Zusatzfunktionen wie bspw. Post- oder Bankdienstleistungen wurde bisher innerhalb der ausgewerteten Literatur nicht ausführlicher betrachtet. Um diese Lü-

cke ansatzhaft zu schließen, wird sie in die Modellierung der vorliegenden Arbeit aufgenommen. (4.2.4)

- Regulierung der Flächennutzung durch Zoning: Als direkt auf die Struktur einer Stadt wirkende Maßnahme, ist die weitere Analyse der Flächennutzungsregulierung ebenfalls von Interesse. (4.2.5)

Bei der Auswahl der Maßnahmen wurde darauf geachtet, dass sowohl Maßnahmen jedes Strategieansatzes als auch jeder Kategorie einbezogen werden. Ausgenommen sind Maßnahmen im Bereich der Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit (Education), da sich diese nur schlecht für eine Implementierung im vorliegenden Stadtmodell eignen.

#### 4.2.1 Einführung einer Pigou-Maut

Für die Einführung einer Pigou-Maut müssen die sozialen Grenzkosten der Stauexternalitäten bekannt sein. Diese entsprechen den Zeitverlusten, die ein zusätzliches Fahrzeug für alle anderen Verkehrsteilnehmer generiert. Die optimale Höhe der Maut in Zeiteinheiten ergibt sich dann aus der Differenz zwischen den Grenzkosten und den Durchschnittskosten und kann mit Hilfe des gewichteten durchschnittlichen Value of Time (VOT)<sup>2</sup> monetarisiert werden. Im Resultat ergeben sich die in Tabelle 5 angegebenen Mautgebühren je Streckenabschnitt.

Tabelle 5: Matrix der Pigou-Maut

Pigou-Maut [€ je Fahrt]	Kernstadt	Umland
Kernstadt	3,31	0,00
Umland	3,54	0,35

Entsprechend des Stauniveaus liegen die Kosten für den Binnen- und Zielverkehr der Kernstadt dabei etwa 10mal höher als für den Binnenverkehr im Umland. Für Fahrten von der Kernstadt ins Umland fallen aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens keine Mautgebühren an. Die durchschnittlichen Mautkosten je Fahrt liegen bei 1,96 €. Insgesamt werden so Einnahmen in Höhe von 608,3 Mio. € generiert und die gefahrenen Geschwindigkeiten auf 45,2 km/h erhöht. Die durchschnittlichen Zeitverluste aufgrund von Stau können um 8,33 % auf 9,9 Std./Jahr reduziert werden.

Diese Ausgestaltung besitzt große Ähnlichkeit mit dem Spezialfall einer Innenstadtmaut, da für die Einfahrt in die Kernstadt sowie für Fahrten innerhalb der Kernstadt vergleichs-

---

<sup>2</sup> Der VOT [€/h] stellt den ökonomischen Wert von Zeit dar und entspricht dem effektiven Stundenlohn unter Berücksichtigung der Pendelzeiten- und -kosten. Seine Berechnung erfolgt durch die Division des Grenznutzens von Zeit durch den Grenznutzen von Einkommen. Zwischen dem VOT und Pendelzeiten sowie -kosten besteht ein negativer Zusammenhang. (Tscharaktschiew & Hirte, 2009, S. 12)



weise hohe Gebühren anfallen. Im Resultat werden damit Fahrten in das und innerhalb des Umlandes besonders attraktiv.

Die Stärkung des Umlandes zeigt sich auch in der räumlichen Verteilung von Haushalten und Firmen sowie den resultierenden Verkehrsaktivitäten. Die Effekte unterscheiden sich dabei nach Kernstadt und Umland (siehe auch Tabelle 6):

Da die durchschnittlichen Entfernungen in der Kernstadt am geringsten sind, nimmt die Bevölkerungszahl dort um 100 Haushalte zu und erhöht damit leicht die Bevölkerungsdichte. Gleichzeitig ist es aus Unternehmenssicht sinnvoll die Kernstadt zu verlassen und die Nähe zu Konsumenten/Arbeitskräften zu suchen (vgl. dazu bspw. Anas & Xu, 1999, S. 469 ff). Aufgrund der Abwanderung der Firmen und der resultierenden Entspannung auf dem Landmarkt sinken die Mieten. Der Bevölkerungszuwachs in der Kernstadt sowie die Verdrängung der Unternehmen in das Umland wirken wiederum auf den Verkehr und lassen auf den durch die Maut geringer belasteten Streckenabschnitten von der Kernstadt ins Umland sowie innerhalb des Umlandes sowohl die Pendelverkehre als auch die Einkaufsfahrten steigen. Gleichzeitig werden die anderen Streckenabschnitte weniger genutzt und damit entlastet wie in Abbildung 7 dargestellt ist.

<b>Pendelbewegungen</b> [Fahrten je Arbeitstag]	Kernstadt	Umland	<b>Einkaufsbewegungen</b> [Fahrten je Jahr]	Kernstadt	Umland
Kernstadt	50.343 - 1,56 %	45.202 + 2,04 %	Kernstadt	448 - 0,44 %	266 + 0,37 %
Umland	271.574 - 1,64 %	252.881 + 1,78 %	Umland	390 - 0,51 %	294 + 0,34 %

Abbildung 7: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei Pigou-Maut und relative Änderungen im Vergleich zum Ausgangsfall

Insgesamt sinkt dadurch die Nachfrage nach Gütern, die in der Kernstadt produziert werden. Die verbleibenden Unternehmen senken daraufhin ihre Produktion und fragen weniger Arbeitskraft nach. Die Angebotssteigerung durch den Bevölkerungszuwachs lässt die Löhne dennoch bei einer starken Erhöhung der Mautgebühren leicht steigen.

Da im Umland mehr Fläche zur Verfügung steht, sinken trotz der Zuwanderung der Unternehmen ebenfalls leicht die Mieten. Aufgrund der durch die Maut generierten höheren Nachfrage nach im Umland produzierten Gütern erhöht sich der erzeugte Output. Die Substitution der Inputfaktoren Arbeit durch Fläche dämpft jedoch die Nachfragesteigerung nach Arbeitskraft so stark ein, dass im Endeffekt die Löhne sinken.

Die Haushalte, die in der Kernstadt wohnen und arbeiten bzw. zum Arbeiten in die Kernstadt pendeln sind in besonderem Maße von der Maut betroffen. Um der finanziellen Belastung entgegen zu wirken, reduzieren sie sowohl ihren Konsum von Wohnraum und Gütern als auch ihre Freizeit. Dieser Nutzenreduzierung stehen die Gewinne der Haushal-

te entgegen, die im Umland wohnen und arbeiten bzw. zum Arbeiten ins Umland pendeln. Sie konsumieren mehr Wohnraum, Güterbündel und Freizeit und erreichen damit einen Nutzenzuwachs, der im Endeffekt die Gesamtwohlfahrt erhöht.

Da die Maut direkt auf die Stauexternalitäten wirkt und damit insbesondere die Kapazitätsauslastung auf vormals sehr stark befahrenen Strecken (innerhalb und in die Kernstadt) senkt, reduzieren sich ebenfalls die aggregierten Emissionen in der LUZ. Die relative Stärkung des Umlandes lässt jedoch die durchschnittlich gefahrenen Kilometer steigen.

Tabelle 6: Effekte der Pigou-Maut

	<b>Merkmal</b>	<b>Ausgangsfall</b>	<b>Pigou-Maut</b>	<b>Trend</b>
<b>Siedlungsstruktur</b>	Anzahl der Haushalte in Kernstadt	95.445	95.545	+ 0,10 %
	Anzahl der Haushalte im Umland	524.555	524.455	- 0,02 %
	Bevölkerungsdichte in Kernstadt [Personen/km <sup>2</sup> ]	954,45	955,45	+0,10 %
	Bevölkerungsdichte im Umland [Personen/km <sup>2</sup> ]	403,50	403,43	- 0,02 %
	Miete in Kernstadt [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	109,32	109,11	- 0,19 %
	Miete im Umland [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	36,78	36,67	- 0,30 %
<b>Produktion</b>	Produktion in Kernstadt [Mio. Einheiten]	248,69	247,50	-0,48 %
	Produktion im Umland [Mio. Einheiten]	178,98	179,65	+ 0,39 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche in Kernstadt [m <sup>2</sup> ]	11.374.510	11.341.299	-0,29 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche im Umland [m <sup>2</sup> ]	85.775.643	86.017.410	+ 0,28 %
	Anzahl Arbeitsplätze in Kernstadt	327.251	321.917	- 1,63 %
	Anzahl Arbeitsplätze im Umland	292.749	298.083	+ 1,82 %
	Lohn in Kernstadt [€/h]	21,49	21,49	-
	Lohn im Umland [€/h]	18,03	17,95	- 0,44 %
<b>Haushalte</b>	Durchschn. Arbeitseinkommen [€/Jahr]	29.924	29.835	- 0,30 %
	Durchschn. Nachfrage nach Güterbündeln pro Jahr	690	689	- 0,15 %
	Durchschn. Nachfrage nach Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	1634	1633	- 0,07 %
	Durchschn. Freizeit [Std./Tag]	8,11	8,12	+ 0,12 %
	Durchschn. Ausgaben für Maut [€/Jahr]	0	981	-
	Durchschn. VOT [€/h]	19,86	19,79	- 0,35 %
<b>Verkehr</b>	Durchschn. einfache Pendelzeit [Min./Tag]	12	12	-
	Durchschn. einfache Einkaufsfahrt [Min./Tag]	11	11	-
	Durchschn. Entfernung je Haushalt [km/Jahr]	15.245	15.305	+ 0,39 %
	Geschwindigkeit [km/h]	44,9	45,2	+ 0,67 %
	Durchschn. Zeitverlust durch Stau [Std./Jahr]	10,8	9,9	- 8,33 %
	Emissionen in LUZ [Mio. t]	1,39	1,37	- 1,44 %

Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen die Entwicklung der Indikatoren bei der Variation der Mautgebühren um einen festen Faktor. Dabei bleibt der Streckenabschnitt von der Kernstadt ins Umland unbemautet, auf den anderen Abschnitten ändern sich entsprechend die Kosten.

Insbesondere für Fahrten innerhalb und in die Kernstadt steigen die Gebühren stark an, was die oben beschriebene Stärkung des Umlandes noch intensiviert. Dies führt dazu, dass nur wenige Haushalte in die Kernstadt ziehen und vergleichsweise viele Unternehmen abwandern. Im Sinne einer Stadt der kurzen Wege erhöht sich damit die Bevölkerungsdichte in der Kernstadt, das Ausmaß der Verdichtung ist jedoch sehr gering. Weiterhin schafft die Abwanderung der Unternehmen ins Umland Arbeitsplätze und reduziert so den Bevölkerungsüberschuss in diesem Gebiet. Die Job-Housing-Balance nähert sich

somit dem Zielwert von 1. In der Kernstadt reduziert sich gleichzeitig der Überschuss an Arbeitsplätzen und bestätigt diesen Effekt. Auch im Hinblick auf Nutzungsmischung ist eine Maut für die Schaffung einer Stadt der kurzen Wege damit zu befürworten.

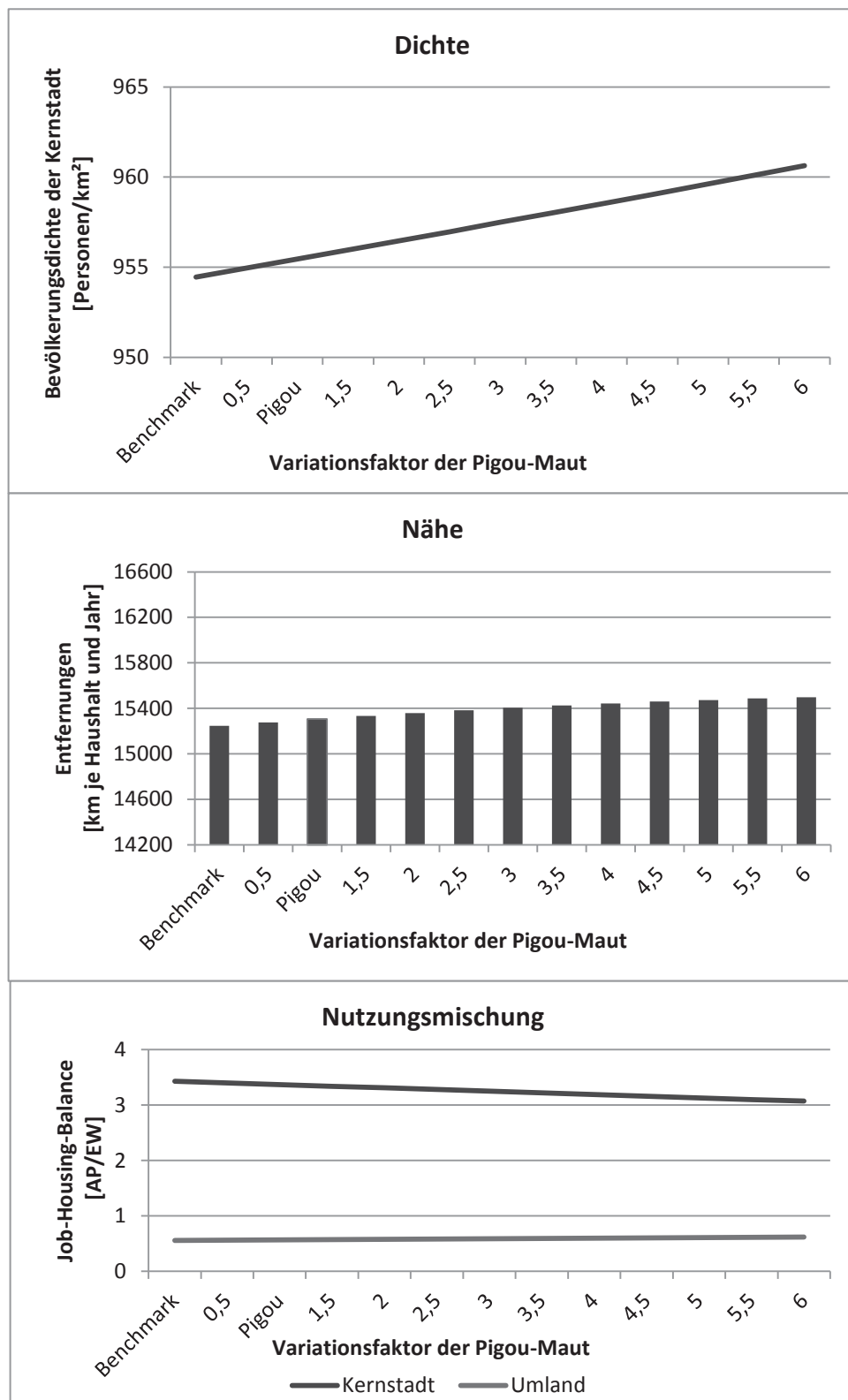


Abbildung 8: Strukturindikatoren bei Variation einer Pigou-Maut.

Die Attraktivierung des Umlandes als Wohn- und Arbeitsort lässt dagegen die gefahrenen Kilometer steigen, was entgegen dem Konzept der Nähe wirkt. Im Speziellen die Erhöhung der zurückgelegten Distanzen steht nicht im Einklang mit dem Leitbild einer Stadt der kurzen Wege.

Im Hinblick auf die gewünschten Wirkungen zeigt sich, dass die Reduzierung der Stauexternalitäten über die Reduzierung der Kapazitätsauslastungen und Erhöhung der Geschwindigkeiten die verkehrlichen Emissionen senkt (vgl. Abbildung 9). Die Beseitigung der Zeitverluste und die oben beschriebenen Nutzenzuwächse einiger Bevölkerungsteile lässt insgesamt die Wohlfahrt steigen. Bei zu hohen Mautgebühren steigen die finanziellen Belastungen der Haushalte jedoch so stark, dass die Wohlfahrt wieder sinkt und sich die Maßnahme im Extrem als wohlfahrtsreduzierend erweist. Die Höhe der Mautgebühren ist damit ausschlaggebend für ihre Wirksamkeit im Sinne einer Stadt der kurzen Wege.

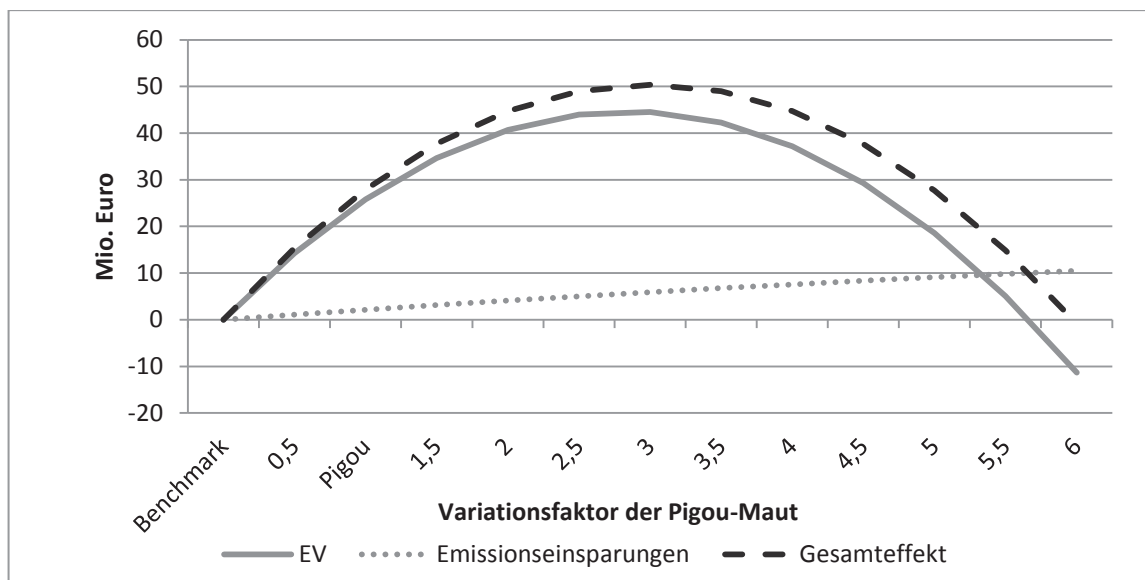


Abbildung 9: Wirkungsindikatoren bei Variation einer Pigou-Maut.

Insgesamt zeigt sich, dass diese Art von Innenstadtmaut sehr gemischte Wirkungen bezüglich kurzer Wege erzeugt. Obwohl die Einführung einer Pigou-Maut die Bevölkerungsdichte in der Kernstadt erhöht und zur Nutzungsmischung beiträgt, fallen diese Effekte nur sehr schwach aus. Im Speziellen die Erhöhung der gefahrenen Kilometer aufgrund der einseitigen Stärkung des Umlandes reduziert die Eignung dieser Maßnahme. Weiterhin ist zu beachten, dass die Höhe der erhobenen Mautgebühren großen Einfluss auf die Wohlfahrt ausübt und gegebenenfalls entgegen dem Leitbild wirkt und die Wohlfahrt reduziert.

Die Einführung einer Pigou-Maut wirkt in der vorliegenden Modellierung nicht im Sinne des Leitbildes, da das Umland zu stark attraktiviert wird. Eine andere Form der Erhebung von Straßennutzungsgebühren stellt eine kilometerabhängige Maut dar, bei der die Erhö-

hung der Transportkosten gleichmäßig verteilt ist. Diese Maßnahme wird im Folgenden kurz beleuchtet.

#### 4.2.2 Einführung einer kilometerabhängigen Maut

Der vorliegende Ausgangsfall generiert eine relativ ungleichverteilte Kostenbelastung bei Einführung einer Pigou-Maut. Alternativ soll dazu die Erhebung der durchschnittlichen sozialen Grenzkosten von 0,24 Euro je Kilometer betrachtet werden. Werden diese auf die Entfernungen zwischen den Zonen umgelegt, ergeben sich die in Tabelle 7 zusammengefassten Gebühren.

Tabelle 7: Matrix der kilometerabhängigen Maut

<b>kilometerbasierte-Maut [€ je Fahrt]</b>	Kernstadt	Umland
Kernstadt	1,20	2,40
Umland	2,40	1,92

Die Kosten sind nun gleichmäßiger und entfernungsabhängig auf die Streckenabschnitte verteilt. Durchschnittlich fallen je Fahrt 2,11 € an Mautgebühren an. Die Einnahmen belaufen sich auf 653,3 Mio. € und die gefahrenen Geschwindigkeiten bleiben unverändert bei 44,9 km/h. Die durchschnittlichen Zeitverluste reduzieren sich dennoch leicht um 0,93 % auf 10,7 Std./Jahr.

Wie Abbildung 10 zeigt, reduziert eine kilometerabhängige Maut die Pendelverkehre zwischen den Zonen, wohingegen die jeweiligen Binnenverkehre zunehmen.

<b>Pendelbewegungen</b> [Fahrten je Arbeitstag]	Kernstadt	Umland	<b>Einkaufsbewegungen</b> [Fahrten je Jahr]	Kernstadt	Umland
Kernstadt	51.512 + 0,72 %	44.003 - 0,67 %	Kernstadt	450 0 %	265 0 %
Umland	275.361 - 0,27 %	249.124 + 0,27 %	Umland	392 0 %	293 0 %

Abbildung 10: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei einer kilometerabhängigen Maut und relative Änderungen im Vergleich zum Ausgangsfall

Um die durchschnittlichen Entfernungen zu Aktivitäten und damit die Höhe der Mautgebühren zu mindern, ziehen insgesamt 70 Haushalte in die Kernstadt und erhöhen damit leicht die dortige Bevölkerungsdichte sowie die Mieten. Die Erhöhung der Transportkosten lässt weiterhin den VOT sinken, was wiederum das Arbeitsangebot der Haushalte und die Löhne reduziert. Die Haushalte konsumieren im Resultat mehr Freizeit. Auch die Nachfrage nach Gütern sinkt mit steigenden Mautkosten, sodass ebenfalls die Produktion insgesamt leicht zurück geht.

Im Gegensatz zu der Pigou-Maut profitieren hier die Haushalte, die lokal arbeiten und einkaufen. Auf ihrem Nutzenzuwachs durch die Erhöhung des Güterkonsums, der Wohnfläche sowie der Freizeit begründen sich hauptsächlich die erzeugten Wohlfahrtsgewinne. Tabelle 8 fasst die Modellierungsergebnisse nochmals zusammen.

Tabelle 8: Effekte der kilometerabhängigen Maut

	<b>Merkmal</b>	<b>Ausgangsfall</b>	<b>Kilometer-Maut</b>	<b>Trend</b>
<b>Siedlungsstruktur</b>	Anzahl der Haushalte in Kernstadt	95.445	95.515	+ 0,07 %
	Anzahl der Haushalte im Umland	524.555	524.485	- 0,01 %
	Bevölkerungsdichte in Kernstadt [Personen/km <sup>2</sup> ]	954,45	955,15	+0,07 %
	Bevölkerungsdichte im Umland [Personen/km <sup>2</sup> ]	403,50	403,45	- 0,01 %
	Miete in Kernstadt [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	109,32	109,48	+ 0,15 %
	Miete im Umland [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	36,78	36,76	- 0,05 %
<b>Produktion</b>	Produktion in Kernstadt [Mio. Einheiten]	248,69	248,57	-0,05 %
	Produktion im Umland [Mio. Einheiten]	178,98	179,05	+ 0,04 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche in Kernstadt [m <sup>2</sup> ]	11.374.510	11.352.603	-0,19 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche im Umland [m <sup>2</sup> ]	85.775.643	85.828.396	+ 0,06 %
	Anzahl Arbeitsplätze in Kernstadt	327.251	326.873	- 0,12 %
	Anzahl Arbeitsplätze im Umland	292.749	293.127	+ 0,13 %
	Lohn in Kernstadt [€/h]	21,49	21,49	-
	Lohn im Umland [€/h]	18,03	18,02	- 0,06 %
<b>Haushalte</b>	Durchschn. Arbeitseinkommen [€/Jahr]	29.924	29.915	- 0,03 %
	Durchschn. Nachfrage nach Güterbündeln pro Jahr	690	690	-
	Durchschn. Nachfrage nach Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	1634	1634	-
	Durchschn. Freizeit [Std./Tag]	8,11	8,11	-
	Durchschn. Ausgaben für Maut [€/Jahr]	0	1.054	-
	Durchschn. VOT [€/h]	19,86	19,85	- 0,05 %
<b>Verkehr</b>	Durchschn. einfache Pendelzeit [Min./Tag]	12	12	-
	Durchschn. einfache Einkaufsfahrt [Min./Tag]	11	11	-
	Durchschn. Entfernung je Haushalt [km/Jahr]	15.245	15.239	- 0,04 %
	Geschwindigkeit [km/h]	44,9	44,9	-
	Durchschn. Zeitverlust durch Stau [Std./Jahr]	10,8	10,7	- 0,93 %
	Emissionen in LUZ [Mio. t]	1,39	1,39	-

Obwohl die Effekte insgesamt nur sehr leicht sind, zeigt sich doch eine positive Entwicklung der Indikatoren. Die Wanderung der Haushalte in die Kernstadt lässt auch bei steigenden Mautgebühren die Bevölkerungsdichte steigen. Im Gegensatz zu der Pigou-Maut werden sowohl die Kernstadt als auch das Umland als eigene Teilzentren gestärkt, so dass auch die gefahrenen Kilometer im Sinne einer Stadt der kurzen Wege reduziert werden. Auch im Hinblick auf die Nutzungsmischung zeigt sich eine positive Tendenz: der Arbeitsplatzüberschuss in der Kernstadt wird durch den Zuzug der Haushalte gemildert und gleichzeitig der Bevölkerungsüberschuss im Umland ausgeglichen. Die Einführung einer kilometerabhängigen Maut hat damit einen positiven Einfluss auf alle Strukturindikatoren (siehe Abbildung 11).

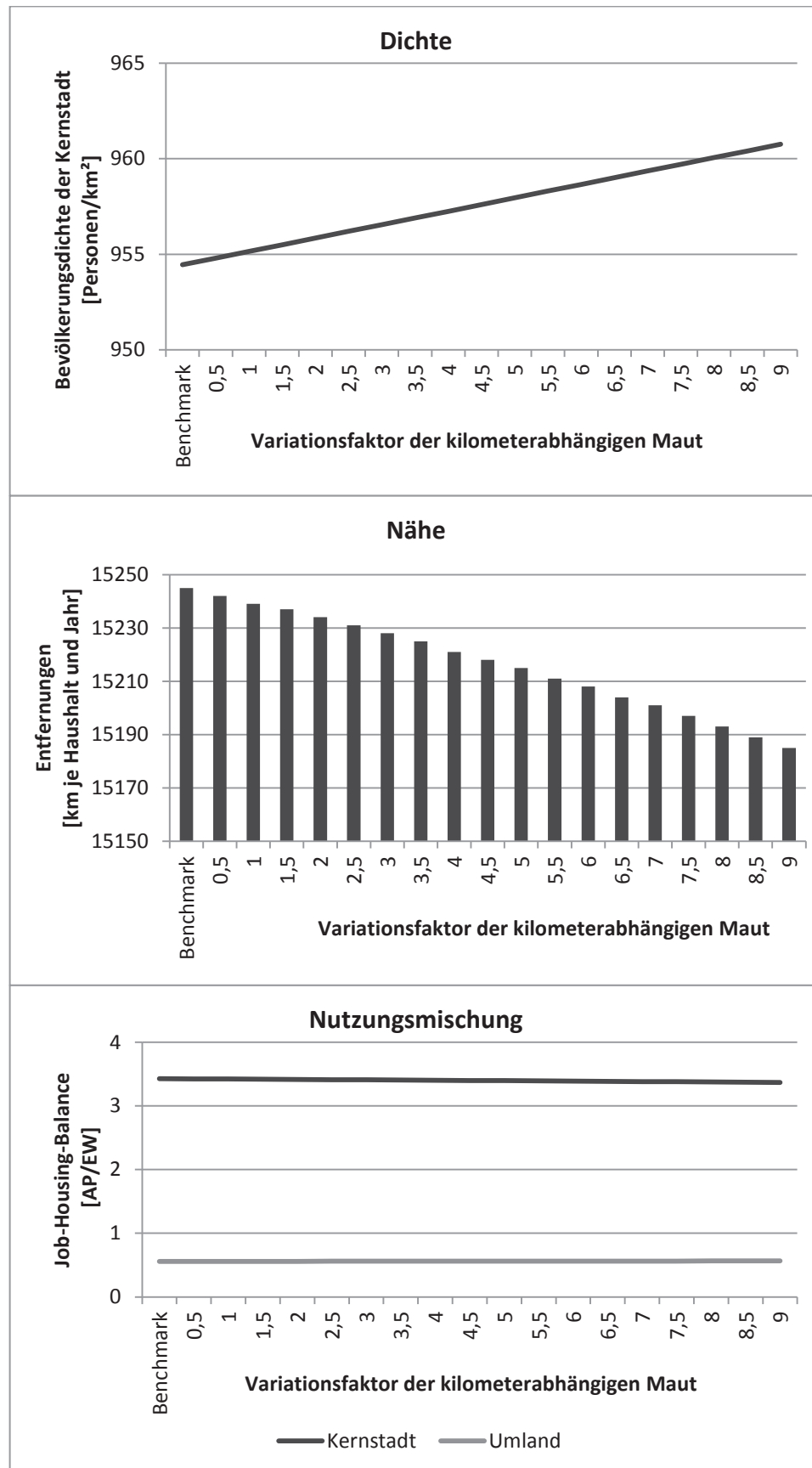


Abbildung 11: Strukturindikatoren bei Variation einer kilometerabhängigen Maut.

Abbildung 12 stellt weiterhin die Wirkungsindikatoren bei Variation der kilometerabhängigen Maut dar. Die oben beschriebenen Nutzenzuwächse der Haushalte lassen die Ge-



samtwohlfahrt bis zu dem Punkt steigen, an dem die finanzielle Belastung zu hoch wird. Auch hier bestätigt sich, dass eine zu hoch angesetzte Maut Wohlfahrtsverluste generiert. Obwohl die Stärkung der Binnenverkehre in Kernstadt und Umland die dort bereits bestehende hohe Kapazitätsauslastung noch weiter verstärkt und damit tendenziell die Emissionen je Kilometer steigen, reichen die Entfernungseinsparungen aus, um die gesamten Emissionen im Vergleich zum Ausgangsfall zu reduzieren.

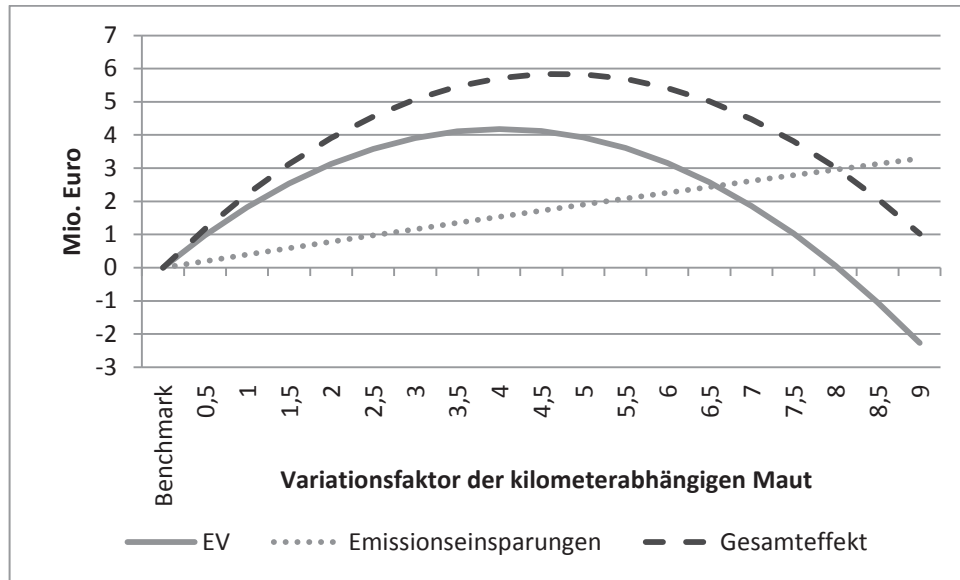


Abbildung 12: Wirkungsindikatoren bei Variation einer kilometerabhängigen Maut.

Zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege eignet sich damit eine optimal gesetzte, flächendeckende und kilometerabhängige Maut besser als die Alternative einer Pigou-Maut.

#### 4.2.3 Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten

Im Folgenden wird nun untersucht, ob statt der Einführung einer Maut auch eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten Effekte im Sinne einer Stadt der kurzen Wege erzeugt. Unter der Annahme, dass alle Verkehrsteilnehmer sich an die Regelung halten, wird die Begrenzung der erlaubten Höchstgeschwindigkeiten im gesamten Gebiet der LUZ eingeführt. Dadurch steigen direkt die Reisezeiten auf allen Strecken. Tabelle 9 fasst die Effekte einer Begrenzung auf 30 km/h zusammen.

Da lange Entfernungen mit besonders hohen Reisezeiten verbunden sind, steigt insbesondere das lokale Verkehrsaufkommen (vgl. Abbildung 13). Die Anzahl der Haushalte, die in der Kernstadt bzw. im Umland wohnen und gleichzeitig arbeiten, erhöht sich dabei um 1,58 % bzw. 0,69 %. Aber auch die Pendelverkehre von der Kernstadt ins Umland steigen um 0,83 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es aufgrund der kürzeren durchschnittlichen Distanzen die Bevölkerung stärker in die Kernstadt zieht und gleichzeitig die

Unternehmen die Nähe zu Arbeitskräften und Konsumenten im Umland suchen. Diese Verschiebung der Arbeitsplätze lässt auch den Pendelverkehr ins Umland zunehmen.

<b>Pendelbewegungen</b> [Fahrten je Arbeitstag]	Kernstadt	Umland	<b>Einkaufsbewegungen</b> [Fahrten je Jahr]	Kernstadt	Umland
Kernstadt	51.952 + 1,58 %	44.668 + 0,83 %	Kernstadt	435 - 3,33 %	235 - 35,62 %
Umland	273.210 - 1,05 %	250.170 + 0,69 %	Umland	351 - 11,68 %	275 - 6,14 %

Abbildung 13: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei Tempo-30

Die Steigerung der durchschnittlichen Reisezeiten um etwa 51 % auf 124 Minuten je Person und Tag wirken direkt auf die Zeitallokation der Haushalte und lassen sowohl die Freizeit als auch die Arbeitszeit sinken und damit den Nutzen der Haushalte. Aufgrund der damit verbundenen Reduzierung des Arbeitsangebotes steigen die Löhne im gesamten Gebiet leicht an. Die Einsparungen der Arbeitszeiten pro Tag senken insgesamt dennoch die Arbeitseinkommen der Haushalte, was sich neben den erhöhten Reisezeiten ebenfalls negativ auf die Nachfrage nach Konsumgütern auswirkt (siehe Abbildung 13). Im Vergleich zu Freizeit und im Speziellen Konsum wird Wohnen damit relativ gesehen günstiger, sodass sich die Nachfrage nach Wohnfläche erhöht. Dieser Effekt fällt jedoch sehr schwach aus. Die Reduzierung der Mieten ist auf den Rückgang des Wettbewerbs von Unternehmen auf dem Landmarkt zurückzuführen. Aufgrund der Nachfrageeinbußen geht auch die Produktion um 9,12 % in der Kernstadt und 7,39 % im Umland zurück.

Tabelle 9: Effekte der Geschwindigkeitsbegrenzung auf 30 km/h

	<b>Merkmal</b>	<b>Ausgangsfall</b>	<b>Tempo-30</b>	<b>Trend</b>
<b>Siedlungsstruktur</b>	Anzahl der Haushalte in Kernstadt	95.445	96.620	+ 1,23 %
	Anzahl der Haushalte im Umland	524.555	523.380	- 0,22 %
	Bevölkerungsdichte in Kernstadt [Personen/km <sup>2</sup> ]	954,45	966,20	+1,23 %
	Bevölkerungsdichte im Umland [Personen/km <sup>2</sup> ]	403,50	402,60	- 0,22 %
	Miete in Kernstadt [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	109,32	108,27	- 0,96 %
	Miete im Umland [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	36,78	36,25	- 1,44 %
<b>Produktion</b>	Produktion in Kernstadt [Mio. Einheiten]	248,69	226,00	-9,12 %
	Produktion im Umland [Mio. Einheiten]	178,98	166,66	- 7,39 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche in Kernstadt [m <sup>2</sup> ]	11.374.510	10.436.736	- 8,24 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche im Umland [m <sup>2</sup> ]	85.775.643	81.630.075	- 4,83 %
	Anzahl Arbeitsplätze in Kernstadt	327.251	325.162	- 0,64 %
	Anzahl Arbeitsplätze im Umland	292.749	294.838	+ 0,71 %
	Lohn in Kernstadt [€/h]	21,49	21,51	+ 0,09 %
	Lohn im Umland [€/h]	18,03	18,33	+ 1,66 %
<b>Haushalte</b>	Durchschn. Arbeitseinkommen [€/Jahr]	29.924	27.541	- 7,96 %
	Durchschn. Nachfrage nach Güterbündeln pro Jahr	690	633	- 8,26 %
	Durchschn. Nachfrage nach Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	1634	1642	+ 0,49 %
	Durchschn. Freizeit [Std./Tag]	8,11	7,99	- 1,48 %
	Durchschn. VOT [€/h]	19,86	20,00	+ 0,70 %
<b>Verkehr</b>	Durchschn. einfache Pendelzeit [Min./Tag]	12	18	+ 50,00 %
	Durchschn. einfache Einkaufsfahrt [Min./Tag]	11	17	+ 54,55 %
	Durchschn. Entfernung je Haushalt [km/Jahr]	15.245	15.490	+ 1,61 %
	Geschwindigkeit [km/h]	44,9	30,0	- 33,18 %
	Durchschn. Zeitverlust durch Stau [Std./Jahr]	10,8	58,5	+ 441,67 %
	Emissionen in LUZ [Mio. t]	1,39	2,02	+ 45,32 %

Die Erhöhung der gefahrenen Kilometer aufgrund der oben beschriebenen Arbeitsplatzverschiebung kann durch die Reduzierung der Güternachfrage und entsprechend der Anzahl an Einkaufsfahrten nicht ausgeglichen werden, sodass im Endeffekt die Distanzen steigen. Die durchschnittlichen Kilometer je Haushalt und Jahr erhöhen sich somit um 1,61 % auf 15.490.

Die Präferenz der Haushalte für die räumliche Nähe von Wohn- und Arbeitsort aufgrund der steigenden Reisezeiten lässt die Bevölkerung der Kernstadt um 1,23 % zunehmen und gleichzeitig die Bevölkerungsdichte steigen. Eine zusätzliche Entschleunigung des Verkehrs verstärkt diesen Effekt (vgl. Abbildung 14). Die gefahrenen Kilometer erhöhen sich bei sinkenden Geschwindigkeiten zunächst aufgrund der Verlagerung von Arbeitsplätzen ins Umland und den damit verbundenen Pendeldistanzen. Bei zunehmender Entschleunigung sinken die Distanzen, da der Raumwiderstand durch die stark steigenden Reisezeiten zu hoch wird. Insbesondere die Reduzierung der Einkaufsfahrten erzeugt dieses Ergebnis. Weiterhin gleichen sich die Anzahl der Arbeitsplätze und Einwohner gemessen in der Job-Housing-Balance in beiden Gebieten leicht an. Der Arbeitsplatz- bzw. Einwohnerüberschuss in der Kernstadt bzw. dem Umland kann somit reduziert werden.

Im Hinblick auf Nutzungsmischung und Dichte erzeugt eine Entschleunigung des Verkehrs damit durchaus die gewünschten strukturellen Änderungen. Der leichte Anstieg der gefahrenen Kilometer ist auf die steigenden Pendelverkehre ins Umland zu begründen. Eine sehr strenge Begrenzung der Höchstgeschwindigkeiten generiert jedoch auch hier die gewünschten Effekte.

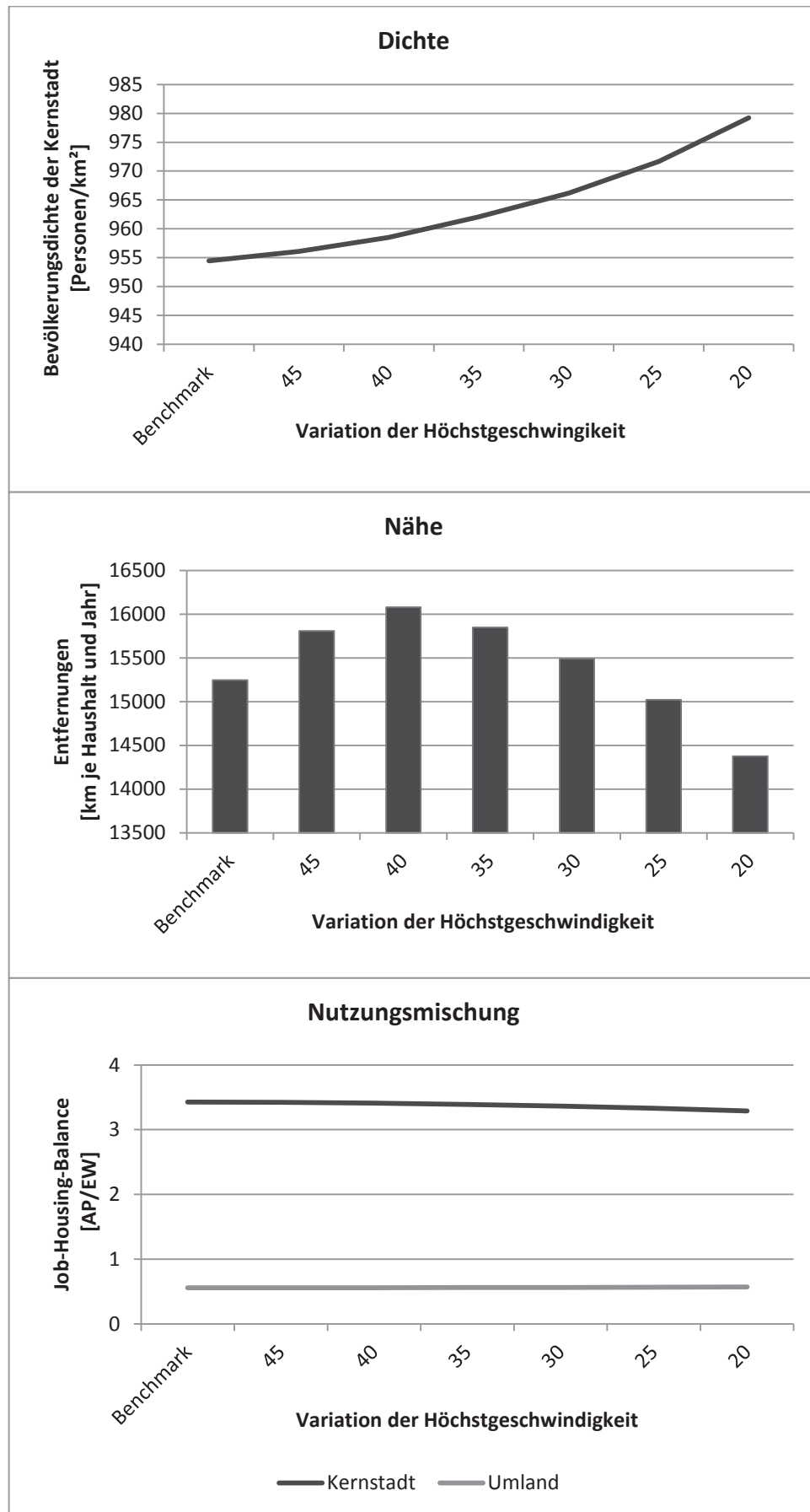


Abbildung 14: Strukturindikatoren bei Variation der Höchstgeschwindigkeiten.

Die Steigerung der Reisezeiten wirkt direkt auf das Zeitbudget und reduziert die Arbeits- und Freizeit. Da die Haushalte aus Freizeit und dem in der Arbeitszeit generierten Einkommen Nutzen ziehen, sinkt im Resultat die Wohlfahrt. Auch die Einschränkung der Vorliebe der Haushalte für Produktvielfalt trägt zur Reduzierung der Wohlfahrt bei. Wie Abbildung 15 zeigt, führt die Begrenzung der Höchstgeschwindigkeiten zu erheblichen Wohlfahrtsverlusten, die sich mit zunehmender Entschleunigung des Verkehrs noch verstärken.

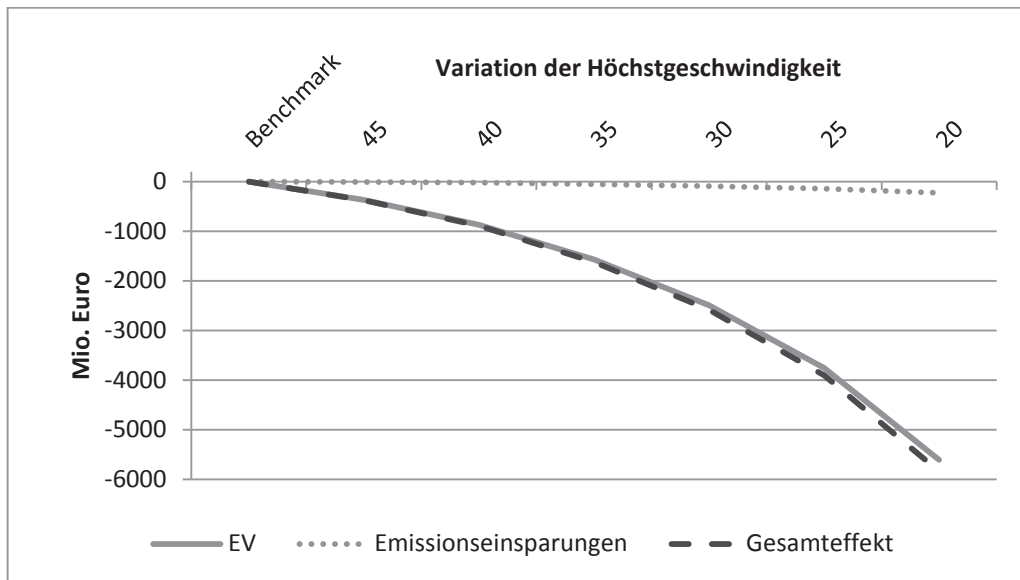


Abbildung 15: Wirkungsindikatoren bei Variation der Höchstgeschwindigkeiten.

Auch die gewünschte Vermeidung von verkehrlichen Emissionen bleibt aus. Dies ist zum einen auf die Erhöhung der gefahrenen Kilometer zurückzuführen. Zum anderen werden aufgrund der geringeren Kraftstoffeffizienz bei geringeren Geschwindigkeiten je Kilometer mehr Emissionen verursacht. Ursächlich dafür ist der in Abbildung 16 dargestellte u-förmige Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Emissionen pro Kilometer.

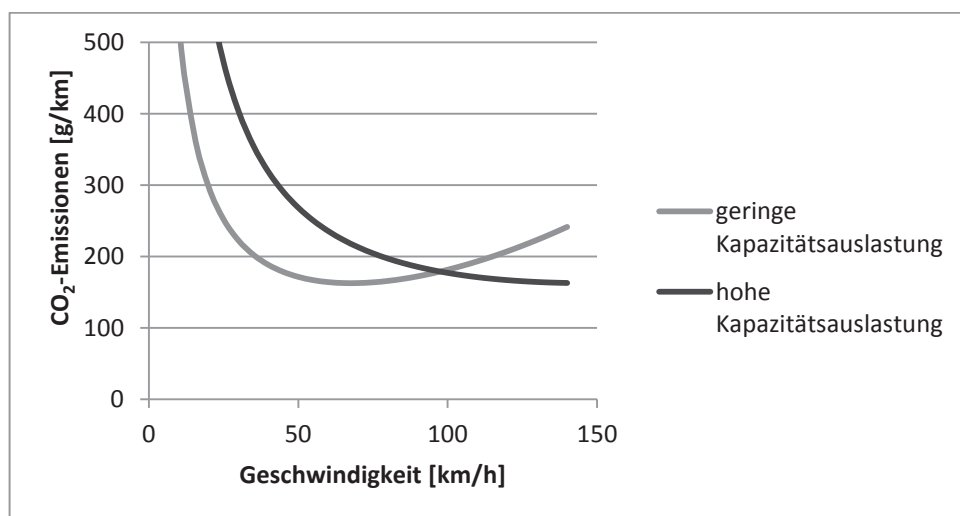


Abbildung 16: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Kapazitätsauslastung und Geschwindigkeiten. Eigene Darstellung

In der vorliegenden Modellierung wirkt eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten damit nicht im Sinne einer Stadt der kurzen Wege.

#### 4.2.4 Zusatzfunktionen von Versorgungseinrichtungen

Als weitere Maßnahme wird nun die Erweiterung von Versorgungseinrichtungen mit zusätzlichen Dienstleistungen wie bspw. Post- oder Bankdiensten untersucht. Diese Zusatzfunktionen sollen die Nutzungsmischung in städtischen Gebieten erhöhen und die Entfernungen zwischen Aktivitäten reduzieren. In der vorliegenden Arbeit werden die gemindernten Entfernungen als Senkung der Reisezeiten für den Einkaufsverkehr modelliert.

Eine Halbierung der Reisezeiten erzeugt dabei die in Tabelle 10 dargestellten Effekte.

Tabelle 10: Effekte der Halbierung der Einkaufsdistanzen

	Merkmal	Ausgangsfall	Halbierung Einkaufs- distanzen	Trend
Siedlungs- struktur	Anzahl der Haushalte in Kernstadt	95.445	94.516	- 0,97 %
	Anzahl der Haushalte im Umland	524.555	525.484	+ 0,18 %
	Bevölkerungsdichte in Kernstadt [Personen/km <sup>2</sup> ]	954,45	945,16	- 0,97 %
	Bevölkerungsdichte im Umland [Personen/km <sup>2</sup> ]	403,50	404,22	+ 0,18 %
	Miete in Kernstadt [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	109,32	109,78	+ 0,42 %
	Miete im Umland [€/m <sup>2</sup> und Jahr]	36,78	36,99	+ 0,57 %
Produktion	Produktion in Kernstadt [Mio. Einheiten]	248,69	227,25	-8,62 %
	Produktion im Umland [Mio. Einheiten]	178,98	188,00	+ 5,04 %
	Nachfrage nach Produktionsfläche in Kernstadt [m <sup>2</sup> ]	11.374.510	12.171.540	+ 7,01%
	Nachfrage nach Produktionsfläche im Umland [m <sup>2</sup> ]	85.775.643	89.153.625	+ 3,94 %
	Anzahl Arbeitsplätze in Kernstadt	327.251	329.428	+ 0,67 %
	Anzahl Arbeitsplätze im Umland	292.749	290.572	- 0,74 %
	Lohn in Kernstadt [€/h]	21,49	21,48	- 0,05 %
	Lohn im Umland [€/h]	18,03	17,86	- 0,94 %
Haushalte	Durchschn. Arbeitseinkommen [€/Jahr]	29.924	31.807	+ 6,29 %
	Durchschn. Nachfrage nach Güterbündeln pro Jahr	690	734	+ 6,38 %
	Durchschn. Nachfrage nach Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]	1634	1627	- 0,43 %
	Durchschn. Freizeit [Std./Tag]	8,11	8,15	+ 0,49 %
	Durchschn. VOT [€/h]	19,86	19,78	- 0,40 %
Verkehr	Durchschn. einfache Pendelzeit [Min./Tag]	12	12	-
	Durchschn. einfache Einkaufsfahrt [Min./Tag]	11	5	- 54,55 %
	Durchschn. Entfernung je Haushalt [km/Jahr]	15.245	10.157	- 33,37 %
	Geschwindigkeit [km/h]	44,9	44,8	- 0,22 %
	Durchschn. Zeitverlust durch Stau [Std./Jahr]	10,8	11,2	+ 3,70 %
	Emissionen in LUZ [Mio. t]	1,39	1,40	+ 0,71 %

Diese Maßnahme wirkt im Speziellen auf das Einkaufsverhalten der Haushalte und lässt den Konsum durchschnittlich um 6,38 % im Vergleich zum Ausgangsfall steigen. Wie Abbildung 17 zeigt, erhöhen sich aufgrund des Abbaus des Raumwiderstandes die Fahrten in andere Zonen, d. h. von der Kernstadt ins Umland und umgekehrt, besonders stark.

<b>Pendelbewegungen</b> [Fahrten je Arbeitstag]	Kernstadt	Umland	<b>Einkaufsbewegungen</b> [Fahrten je Jahr]	Kernstadt	Umland
Kernstadt	50.951 - 0,38 %	43.565 - 1,66 %	Kernstadt	459 + 2,00 %	290 + 9,43 %
Umland	278.477 + 0,86 %	247.007 - 0,58 %	Umland	426 + 8,67 %	306 + 4,44 %

Abbildung 17: Bewegungsmatrix des Pendel- und Einkaufsverkehrs bei Halbierung der Einkaufsdistanzen

Die erhöhte Nachfrage nach Konsumgütern lässt wiederum die Produktion steigen und damit den Wettbewerb auf dem Landmarkt, der im Resultat die Mieten erhöht. Gleichzeitig müssen die Haushalte ihren erhöhten Konsum finanzieren und erhöhen dementsprechend das Arbeitsangebot, was dazu führt, dass die Löhne sinken.

Die Reduzierung der Reisezeiten für den Einkauf bewirkt zudem, dass die Präferenz der Haushalte für das Wohnen in der Kernstadt abnimmt. Das Umland erhält somit einen Bevölkerungszuwachs von 0,18 %, was entsprechend die Bevölkerungsdichte der Kernstadt reduziert.

Bei einer zunehmenden Senkung der Distanzen (bzw. der Reisezeiten im Modell) verstärkt sich die Abnahme der Bevölkerungsdichte in der Kernstadt wie in Abbildung 18 dargestellt. Räumliche Strukturen im Sinne der kurzen Wege werden damit nicht unterstützt. Auch die Job-Housing-Balance als Indikator für die Nutzungsmischung zeigt entgegen der ursprünglichen Annahme eine negative Entwicklung auf, da sowohl der Bevölkerungsüberschuss des Umlandes sowie der Arbeitsplatzüberschuss in der Kernstadt verstärkt werden. Bei den gefahrenen Kilometern als Indikator für räumliche Nähe können dagegen sehr positive Effekte festgestellt werden. Diese gezielte Reduzierung der Entfernungen zwischen Aktivitäten lassen naturgemäß auch die Gesamtdistanzen sinken. Auch die erhöhten Wegehäufigkeiten für Einkaufsfahrten und die Zunahme des Pendelverkehrs zwischen Umland und Kernstadt führen zu keiner Überkompensation der erreichten Einsparungen.



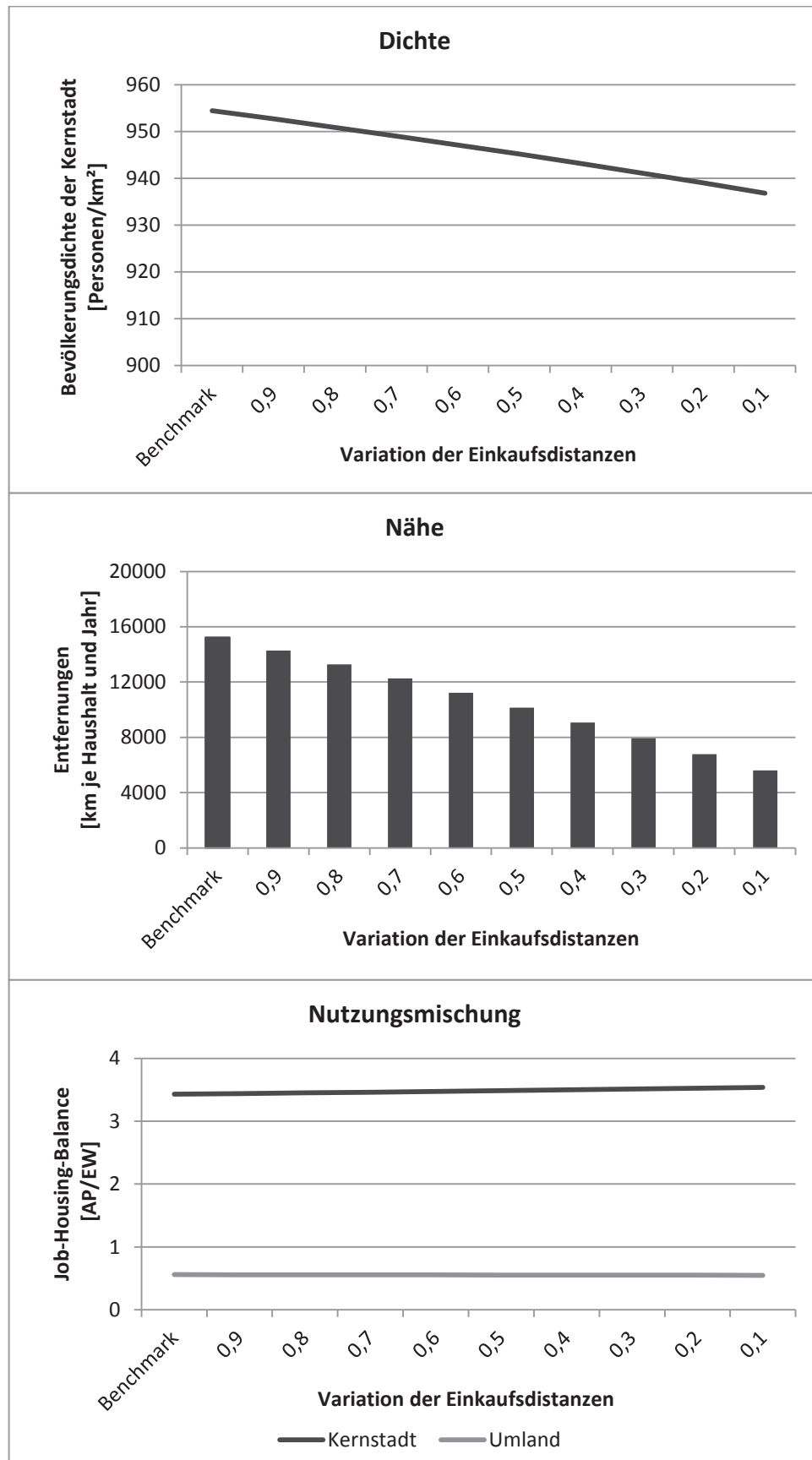


Abbildung 18: Strukturindikatoren bei Variation der Einkaufsdistanzen.

Abbildung 19 zeigt die entsprechende Entwicklung der Wirkungsindikatoren bei der Variation der Reduzierung der Einkaufsdistanzen. Der starke Anstieg des Konsums der Haus-

halte generiert hohe Wohlfahrtsgewinne, die sich bei zunehmender Entfernungsreduzierung stetig vergrößern. Dagegen steht die Entwicklung der verursachten Emissionen. Die Erhöhung des Verkehrsaufkommens reduziert die gefahrenen Geschwindigkeiten und erhöht die Kapazitätsauslastung auf den Streckenabschnitten. Im Resultat wird pro Kilometer mehr CO<sub>2</sub> emittiert, was insgesamt trotz Reduktion der durchschnittlichen Entfernungen die Emissionen steigen lässt. Auch dieser Effekt verstärkt sich mit zunehmender Reduzierung der Einkaufsdistanzen. Insgesamt dominieren jedoch die Wohlfahrtsgewinne aufgrund des höheren Konsumniveaus.

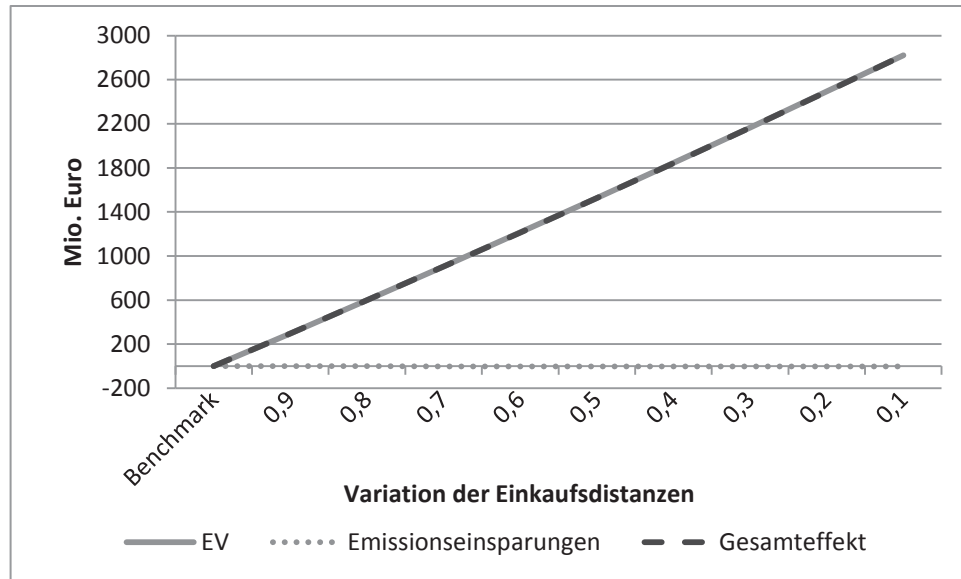


Abbildung 19: Wirkungsindikatoren bei Variation der Einkaufsdistanzen. Eigene Darstellung

#### 4.2.5 Flächenregulierung durch Zoning

Eine weitere Möglichkeit ist die Flächenregulierung durch Zoning. Mit Hilfe dieser Regulierung können im Modell die Anteile der Gesamtfläche, die für Wohnungen zur Verfügung stehen, zugewiesen werden. Die Anteile für Verkehrsinfrastruktur sind im Modell mit 30 % in der Kernstadt und 20 % im Umland exogen gegeben. Der Rest der Fläche kann für die Produktion oder Wohnen genutzt werden. Im Ausgangsfall ergibt sich die endogene Verteilung von 59 % Wohnfläche in der Kernstadt und 73 % Wohnfläche im Umland. Die Effekte einer Variation dieser Anteile werden im folgenden Abschnitt untersucht. Der Anteil der jeweils anderen Zone bleibt dabei konstant auf dem Niveau des Ausgangsfalls.

Abbildung 20 zeigt die Entwicklung der Bevölkerungsdichte der Kernstadt nach der Erhöhung bzw. Reduzierung der anteiligen Wohnfläche in der Kernstadt und im Umland. Je mehr Fläche zum Wohnen in der Kernstadt zur Verfügung steht, desto mehr Haushalte ziehen auch dorthin. Dies lässt im Resultat die Bevölkerungsdichte steigen. Die Steigerung des nun fixen Angebotes an Wohnfläche in der Kernstadt sowie die Entspannung auf

dem Wohnungsmarkt im Umland lassen die Mieten sinken. Dies führt zu einer erhöhten Nachfrage nach Wohnraum. Gleichzeitig reduziert sich die Produktionsfläche in der Kernstadt, der Wettbewerb auf dem Inputmarkt für Fläche verstärkt sich, die Produktionsmiete steigt und ein Teil der Unternehmen wandert ins Umland ab.

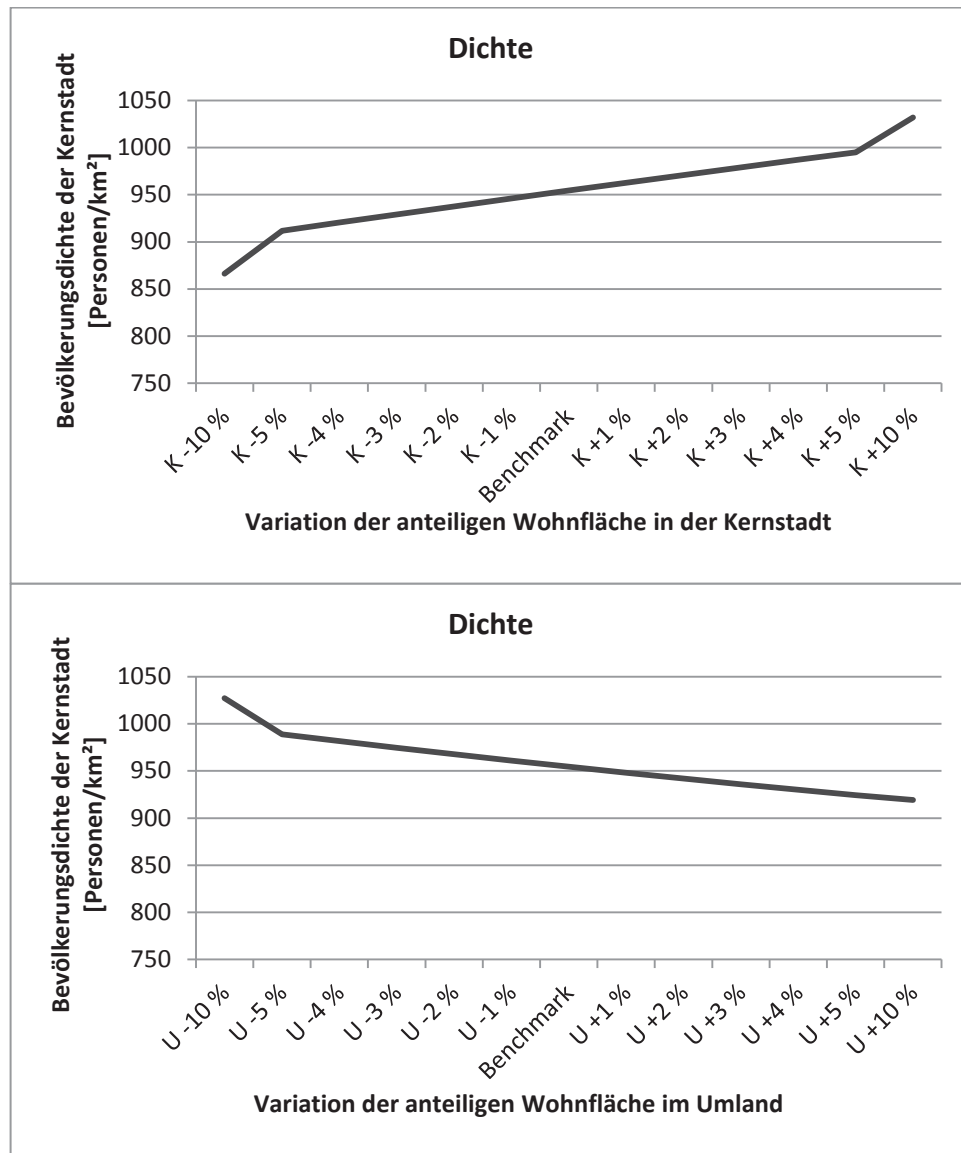


Abbildung 20: Strukturindikator der Dichte bei Variation der anteiligen Wohnflächen.

Bei steigender Zuweisung von Wohnfläche im Umland ziehen dagegen vermehrt Haushalte ins Umland, was die Bevölkerungsdichte in der Kernstadt senkt. Die dortige Angebotsausweitung und die gleichzeitige Entspannung auf dem Wohnungsmarkt der Kernstadt lassen auch hier die Nachfrage nach Wohnraum steigen und die Mieten sinken. Bezüglich der Produktion zeigt sich eine Verlagerung in die Kernstadt, die die Produktionsmieten steigen lässt.

Für die Schaffung einer Stadt der kurzen Wege ist daher im Hinblick auf die gewünschte Verdichtung eine Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt sinnvoll.

Die Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt wirkt ebenfalls positiv auf die zurückgelegten Entfernungen der Haushalte (siehe Abbildung 21). Auf der einen Seite sinkt aufgrund der oben beschriebenen steigenden Nachfrage nach Wohnraum der Güterkonsum der Haushalte und dementsprechend die Häufigkeit von Einkaufsfahrten. Auf der anderen Seite siedeln sich vermehrt Unternehmen im Umland an, was längere Fahrten generiert. Der Bevölkerungszuwachs in der Kernstadt senkt zudem die durchschnittlichen Entfernungen im Pendelverkehr, sodass im Endeffekt die durchschnittlich gefahrenen Kilometer je Haushalt und Jahr bei steigender Wohnfläche in der Kernstadt sinken.

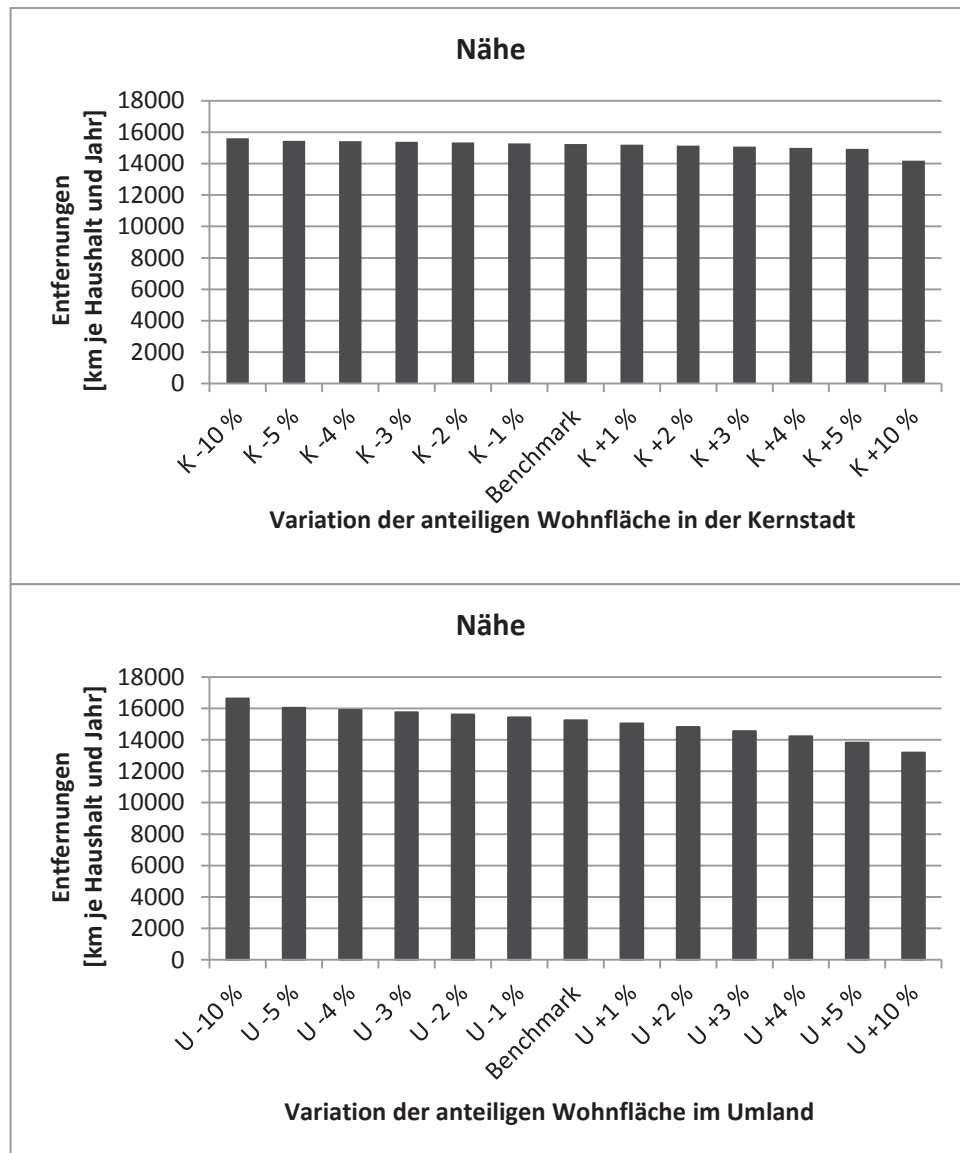


Abbildung 21: Strukturindikator der Nähe bei Variation der anteiligen Wohnflächen.

Die Reduktion der gefahrenen Kilometer ist bei Erhöhung der Wohnfläche im Umland noch intensiver. Auch hier lässt die steigende Nachfrage nach Wohnraum den Konsum sinken und mit ihm die Anzahl an Einkaufsfahrten. Zusätzlich nehmen sowohl Einkaufs- als auch Pendelfahrten in die Kernstadt zu, da dort die Anzahl an Unternehmen steigt. Es reduzieren sich somit gleichzeitig auch die durchschnittlichen Wegelängen.

Sowohl die Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt als auch im Umland führt zu einer Reduktion der gefahrenen Kilometer und verstärkt damit die Nähe der Raumstruktur im Sinne der kurzen Wege.

Wie Abbildung 22 zeigt, wirkt die Erhöhung der Wohnfläche ebenfalls auf die Nutzungsmischung. Steht mehr Wohnfläche in der Kernstadt zur Verfügung steigt dort die Bevölkerungszahl und Unternehmen werden in das Umland verdrängt. Diese Effekte schwächen den Überschuss an Arbeitsplätzen ab und erzeugen damit eine positive Entwicklung der Job-Housing-Balance der Kernstadt. Auch im Umland nähert sich der Indikator dem Zielwert von 1, da entsprechend der Bevölkerungsüberschuss abgebaut wird.

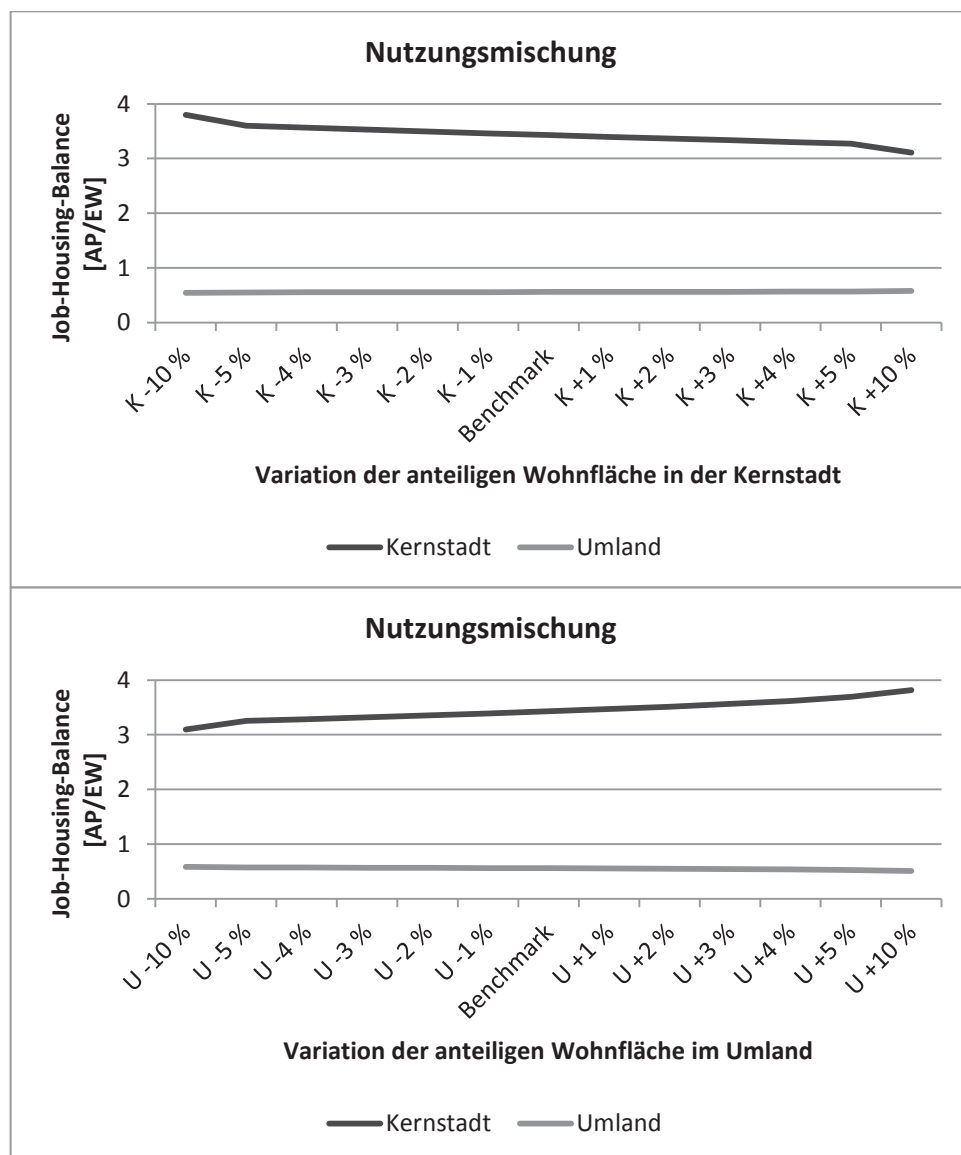


Abbildung 22: Strukturindikator der Nutzungsmischung bei Variation der anteiligen Wohnflächen.

Abbildung 22 zeigt weiterhin, dass sich die Nutzungsmischung bei Erhöhung der Wohnfläche im Umland nicht verbessert. Da in diesem Fall vermehrt Haushalte ins Umland ziehen und entsprechend die Produktion in die Kernstadt verdrängt wird, verstärkt sich der

Arbeitsplatz- bzw. Bevölkerungsüberschuss in der Kernstadt bzw. im Umland weiter. Die Nutzungsmischung im Sinne von kurzen Wegen wird somit nicht unterstützt.

Abbildung 23 zeigt abschließend die Entwicklung der Wohlfahrt und der Emissionen bei der Erhöhung der anteiligen Wohnfläche in der Kernstadt und im Umland. Im Vergleich zum Ausgangsfall sinkt in beiden Fällen die Wohlfahrt sowohl bei positiven als auch negativen Abweichungen der Wohnflächenanteile in den Zonen. Die Reduzierung der Wohnfläche in der Kernstadt ist dabei gleichzusetzen mit der Erhöhung der dortigen Produktionsfläche. Dies zieht zusätzliche Unternehmen an und lässt die Produktionsmieten steigen. Die Substitution der Unternehmen von Land durch Arbeit als Reaktion auf diese Inputkostensteigerung und die generell höhere Anzahl an Unternehmen verstärken den Arbeitsplatzüberschuss in der Kernstadt. Auch die Löhne befinden sich aufgrund dieser Nachfragesteigerung nach Arbeit auf einem vergleichsweise höheren Niveau. Die Reduzierung der Wohnfläche in der Kernstadt wirkt ebenfalls auf das Umland, da Unternehmen ab und Haushalte zuwandern. Aufgrund des insgesamt höheren Produktionsniveaus steigen auch hier die Löhne leicht.

Entsprechend der höheren Löhne konsumieren die Haushalte mehr Güter, was ihren Nutzen steigen lässt. Der Verlust an Wohnfläche in der Kernstadt lässt die Mieten steigen und den Konsum an Wohnraum sinken. Gleichzeitig steigt der Wettbewerbsdruck auf dem Wohnungsmarkt im Umland und lässt auch hier Mieten steigen und den Wohnraum sinken. Im Vergleich zum Ausgangsfall entstehen somit Nutzenverluste aufgrund der geringeren Wohnfläche. Da die Wohnflächenreduzierung in der Kernstadt ebenfalls Haushalte in das Umland verdrängt, erhöhen sich die durchschnittlichen Entfernungen und mit ihnen die Reisezeiten. Die entsprechende Reduzierung der Freizeit trägt ebenfalls zum Nutzenverlust bei. Die Reduzierung der Wohnfläche in der Kernstadt lässt damit im Endeffekt die Wohlfahrt sinken. Die so generierten Verluste sinken dabei je dichter sich der Verteilung des Ausgangsfall es genähert wird.

Die Erhöhung der Wohnfläche über die 59 % des Ausgangsfalls hinaus lässt ebenfalls die Wohlfahrt sinken. Nutzengewinne werden hier durch die Erhöhung der Freizeit generiert. Da vermehrt Haushalte in der Kernstadt leben, reduzieren sich die durchschnittlichen Entfernungen und Reisezeiten. Die Entspannung auf dem Wohnungsmarkt lässt ebenfalls die Mieten sinken und Nutzengewinne aufgrund des steigenden Konsums von Wohnraum zu. Der allgemeine Rückgang des Güterkonsums und der damit verbundene Nutzenverlust erzeugen insgesamt ebenfalls Wohlfahrtsverluste. Auch bei der Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt zeigt sich, dass die Abweichung vom Ausgangsfall negativ auf die Wohlfahrt wirken. Der umgekehrt u-förmige Verlauf der äquivalenten Variation in Abbildung 23 verdeutlicht dies nochmals grafisch.

Im Hinblick auf die verkehrlichen Emissionen führt die Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt zu geringen Einsparungen. Dies ist insbesondere auf den Rückgang der Einkaufsfahrten sowie die geringeren durchschnittlichen Entfernungen bei Verlagerung der Bevölkerung in die Kernstadt zurückzuführen. Eine Senkung der Wohnfläche in der Kernstadt erhöht entsprechend die Emissionen im Vergleich zum Ausgangsfall. Insgesamt dominieren jedoch deutlich die Wohlfahrtseffekte die Gesamtwirkung des Zoning.

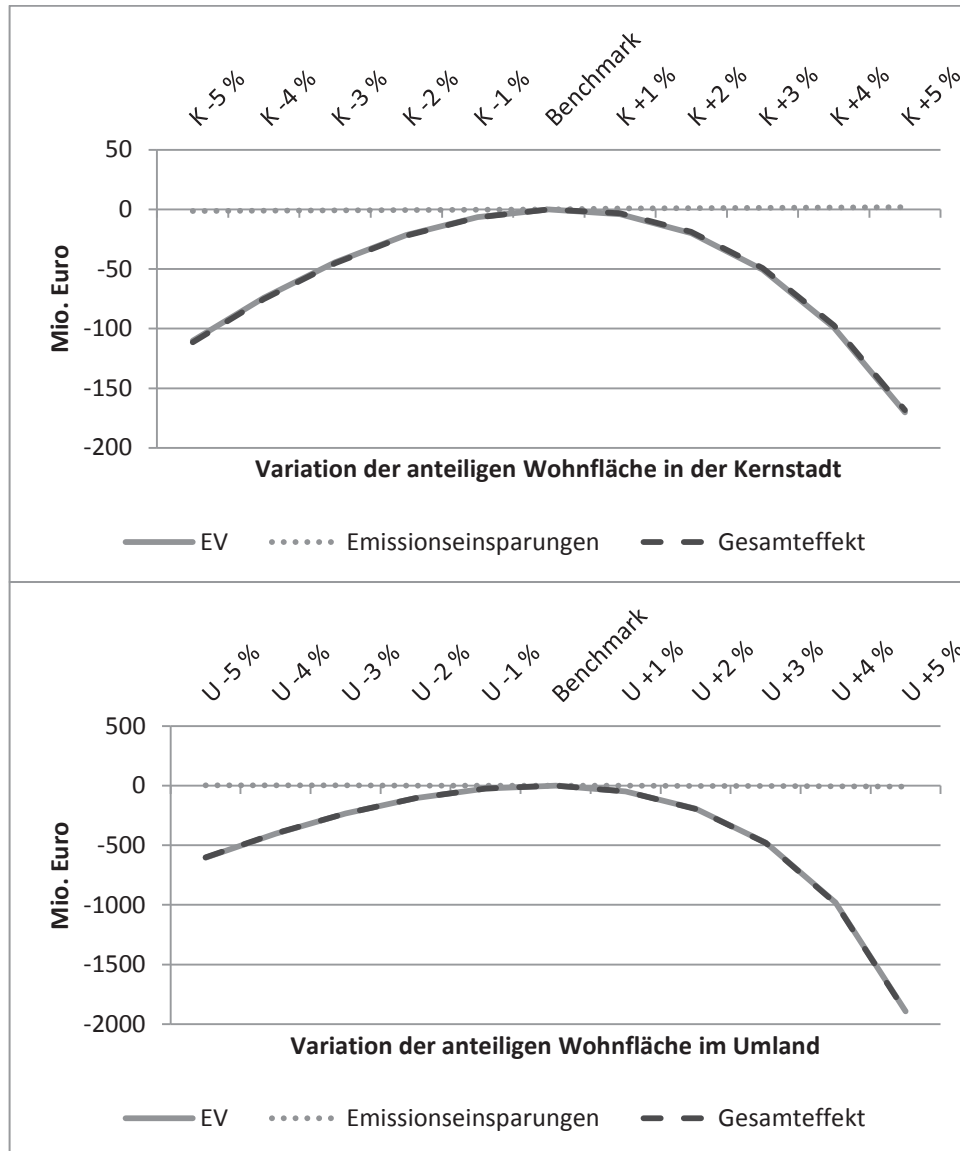


Abbildung 23: Wirkungsindikatoren bei Variation der anteiligen Wohnflächen.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Variation der Wohnfläche im Umland. Auch hier erzeugt eine Abweichung von der Wohnflächenverteilung im Ausgangsfall in beide Richtungen Wohlfahrtverluste. Sinkt die Wohnfläche im Umland im Vergleich zum Ausgangsfall, zieht es die Haushalte vermehrt in die Kernstadt und entsprechend mehr Unternehmen ins Umland. Diese Wettbewerbserhöhung auf dem Landmarkt lässt insgesamt das Mietniveau steigen. Der Nutzen der Haushalte reduziert sich aufgrund des geringeren Konsums von Wohnraum. Die steigenden Mieten lassen die Unternehmen Fläche durch Ar-



beit substituieren. Im Resultat steigt die Nachfrage nach Arbeitskraft und damit die Löhne. Gleichzeitig fragt die Bevölkerung mehr Konsumgüter nach, was den Gesamtoutput der Unternehmen erhöht. Der höhere Güterkonsum aufgrund des höheren Lohnniveaus erzeugt dabei einen Nutzenzuwachs. Im Endeffekt übersteigt der Nutzenverlust durch die Abnahme des Wohnraums jedoch den Zuwachs aus der Konsumerhöhung.

Die Erhöhung der Wohnfläche im Umland entspannt dagegen den Wettbewerb auf dem Wohnungsmarkt. Die entsprechende Reduzierung der Mieten erhöht somit den Wohnraum der Haushalte und damit ihren Nutzen. Für die Produktion senkt sich dagegen die verfügbare Fläche, was hier die Mieten steigen und die Unternehmen Fläche durch Arbeit substituieren lässt. Die Löhne sinken dennoch mit der Abnahme des Gesamtoutputs aufgrund der geringeren Güternachfrage. Insgesamt zeigt sich auch hier, dass die Wohlfahrtsverluste die Gewinne übersteigen. Mit steigender Abweichung vom Ausgangsfall verstärkt sich dieser Effekt.

Wie auch bei der Variation der Flächennutzung in der Kernstadt beeinflussen etwaige Emissionseinsparungen die Gesamtwirkung des Zonings nur minimal. Die verbesserte Kapazitätsauslastung bei der Reduzierung der Wohnfläche im Umland trägt trotz häufigeren Einkaufsfahrten und größeren durchschnittlichen Distanzen zu Einsparungen bei. Die Erhöhung der Wohnfläche im Umland erhöht dagegen das Verkehrsaufkommen auf bereits stark belasteten Streckenabschnitten innerhalb sowie in die Kernstadt und generiert somit einen Anstieg an verkehrlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### 4.3 Zusammenfassender Vergleich der Maßnahmen

Die innerhalb der vorliegenden Arbeit untersuchten Maßnahmen wirken sehr unterschiedlich im Sinne des Leitbildes einer Stadt der kurzen Wege. Abschließend werden daher die Ergebnisse im Folgenden nochmals kurz zusammengefasst und die Wirksamkeit sowohl hinsichtlich der gewünschten Strukturen als auch der Zielerreichung verglichen.

Tabelle 11: Potentiale der modellierten Maßnahmen im Sinne von kurzen Wegen

	Pigou-Maut	Kilometer-Maut	Geschw.-begrenzung	Distanzreduzierung Einkauf	Zoning Kernstadt	Zoning Umland
Dichte	+	+	+	-	0	0
Nähe	0	+	0	+	0	0
Nutzungs-mischung	+	+	+	-	0	0
Wohlfahrt	0	0	-	+	-	-
Emissionen	+	+	-	-	0	0

Erläuterung: + Potential im Sinne des Leitbildes, - kein Potential im Sinne des Leitbildes, 0 kein bzw. gemischter Einfluss

Die Modellierung der Maßnahmen und ihre Bewertung mit Hilfe der erarbeiteten Indikatoren zeigt insgesamt ein sehr gemischtes Bild. Tabelle 11 fasst die resultierenden Potentiale bezüglich der Umsetzung einer Stadt der kurzen Wege zusammen. Die Ergebnisse decken sich mit den auf Grundlage der ausgewerteten Literatur erarbeiteten Potentialen in Kapitel 3.

Die Einführung einer Pigou-Maut erzeugt eine relative Stärkung des Umlandes. In Abhängigkeit der Mauthöhe erhöhen sich dabei zunächst die gefahrenen Kilometer der Haushalte bis zu einem gewissen Punkt, um dann zu sinken. Die Indikatoren der Dichte und Nutzungsmischung weisen dagegen eine positive Entwicklung auf. Der Abbau von Stauexternalitäten und die dadurch erhöhten Geschwindigkeiten senken die Emissionen. Auch die Wohlfahrt steigt bis zu einem gewissen Punkt. Zu hohe Mautgebühren senken dagegen die Wohlfahrtsgewinne und können im Extremfall Wohlfahrtsverluste generieren.

Weiterhin wurde untersucht, ob eine kilometerabhängige Mautgebühr die relative Stärkung des Umlandes verringern kann und damit eher im Sinne von kurzen Wegen wirkt. Aufgrund der Stärkung der Kernstadt und des Umlandes als Teilzentrum sinken hier die gefahrenen Kilometer. Auch die gewünschte Verdichtung der Kernstadt sowie die Erhöhung der Nutzungsmischung wird erreicht. Wie bei der Pigou-Maut steigt bei geringer Bemaутung zunächst die Wohlfahrt bis zu einem gewissen Punkt, reduziert sich dann aber und kann im Extremfall auch negativ werden. Außerdem werden Emissionen eingespart.

Auch die Beschränkung der erlaubten Höchstgeschwindigkeiten lassen zunächst die gefahrenen Kilometer steigen. Ähnlich wie bei Straßennutzungsgebühren senken sich die Distanzen bei zunehmender Entschleunigung jedoch. Dichte und Nutzungsmischung erhöhen sich dagegen im gewünschten Sinne. Obwohl die gewünschten strukturellen Änderungen erreicht werden, sinkt die Wohlfahrt konsequent und die verkehrlichen Emissionen steigen.

Die Untersuchung der Erweiterung von Versorgungseinrichtungen um zusätzliche Dienstleistungen wurde mit Hilfe einer Distanzreduzierung der Einkaufswege modelliert. Diese Maßnahme führt zu einer Abnahme der Bevölkerungsdichte in der Kernstadt. Auch im Hinblick auf die Nutzungsmischung zeigt sich eine negative Entwicklung. Die gefahrenen Kilometer können jedoch stark reduziert werden. Die Wohlfahrt erhöht sich ebenfalls stark, die Emissionen jedoch auch.

Die Variation der anteiligen Wohnfläche durch Zoning zeigt ebenfalls gemischte Effekte. Die Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt erhöht die Bevölkerungsdichte, eine Erhöhung im Umland senkt sie. Die zurückgelegten Entfernungen der Haushalte sinken in bei-

den Fällen, der Effekt ist bei Erhöhung der Wohnfläche im Umland stärker. Der Grad der Nutzungsmischung verschlechtert sich dagegen bei Zunahme der Wohnfläche im Umland, steigt jedoch bei Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt. Obwohl Zoning damit durchaus die strukturellen Rahmenbedingungen einer Stadt der kurzen Wege schaffen kann, reduziert sich beim Abweichen vom Ausgangsfall stets die Wohlfahrt. Gegebenenfalls können jedoch Emissionen eingespart werden.

Um die oben beschriebenen Maßnahmen abschließend untereinander vergleichen zu können, wird als Kriterium die Reduzierung der gefahrenen Kilometer im Vergleich zum Ausgangsfall um 1 % auf 15.093 km pro Haushalt und Jahr genutzt. Dies schlägt sich wie folgt nieder:

- Für diese vergleichsweise geringe Reduzierung um 152 km ist eine starke Erhöhung der Straßennutzungsgebühren notwendig. Im Falle der Pigou-Variante muss um den Faktor 20,52 erhöht werden, was eine durchschnittliche Mautgebühr von 28,91 Euro je Fahrt generiert. Bei der kilometerbasierten Variante erhöhen sich die Gebühren um den Faktor 18,75 und verursachen durchschnittliche Kosten von 39,11 Euro je Fahrt.
- Auch bei der Geschwindigkeitsbegrenzung ist ein relativ starker Eingriff nötig, um die Distanzen um 1 % zu reduzieren. Die notwendige Höchstgeschwindigkeit liegt dabei bei 25,69 km/h.
- Im Vergleich dazu müssen beim Zoning und den Einkaufsdistanzen nur geringe Eingriffe vorgenommen werden. Die gewünschten Distanzen ergeben sich dabei bereits bei der Reduzierung der Einkaufsentfernungen auf 98,42 % des Ausgangsfalls.
- Die Wohnfläche beim Zoning muss entsprechend in der Kernstadt um etwa 2,73 % und im Umland um etwa 0,75 % zunehmen, um den gleichen Effekt zu erzeugen.

Abbildung 24 zeigt, dass bis auf die Reduzierung der Einkaufsdistanzen und die Erhöhung der anteiligen Wohnfläche im Umland alle Maßnahmen die Bevölkerungsdichte in der Kernstadt im Sinne einer Stadt der kurzen Wege erhöhen.

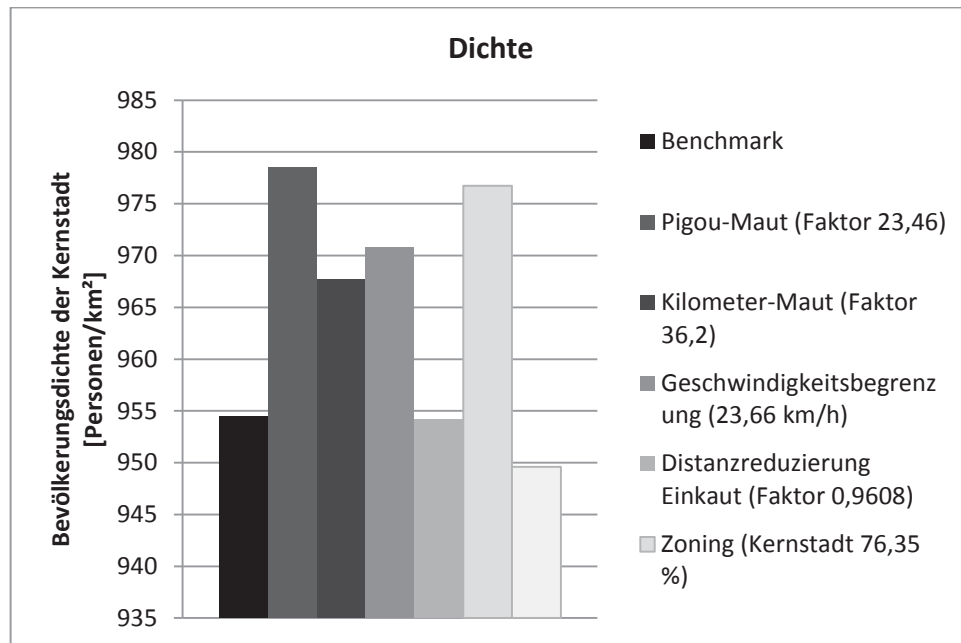


Abbildung 24: Dichteindikator im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der Kilometer um 1% im Vergleich zum Ausgangsfall.

Mit einer Erhöhung um 2,5 % auf 978,49 Personen je km<sup>2</sup> generiert die Pigou-Maut die größte Verdichtung in der Kernstadt. Eine vergleichbare Erhöhung um 2,3 % auf 976,74 kann durch die Zunahme der anteiligen Wohnfläche in der Kernstadt erreicht werden. Danach folgen die Geschwindigkeitsbegrenzung mit einer Dichte von 970,81 Personen je km<sup>2</sup> und die kilometerbasierte Maut mit 967,64 Personen je km<sup>2</sup> in der Kernstadt. Die Erhöhung der Wohnfläche im Umland sowie die Reduzierung der Einkaufsdistanzen lassen die Dichte dagegen um 0,5 % auf 949,67 Personen je km<sup>2</sup> bzw. um 0,03 % auf 954,17 Personen je km<sup>2</sup> sinken.

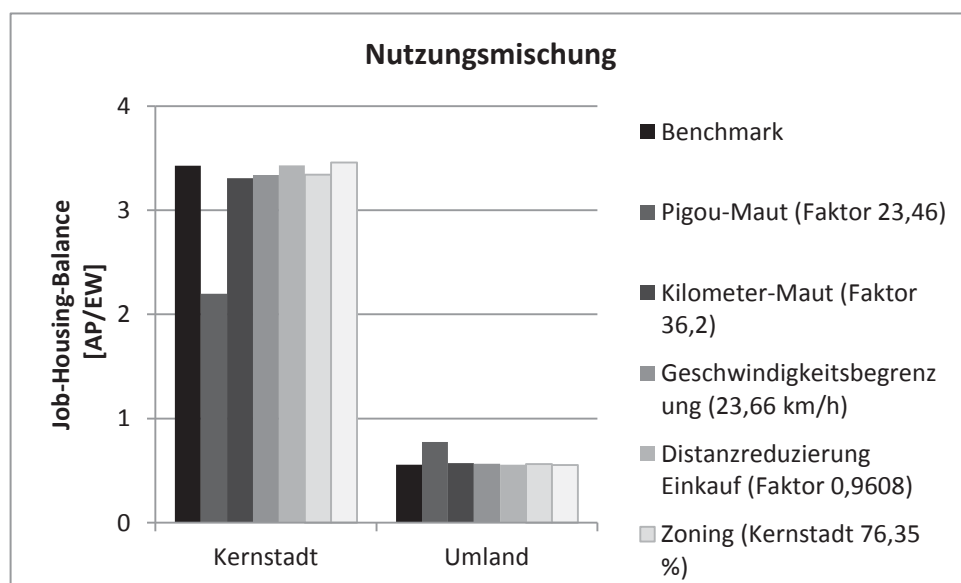


Abbildung 25: Indikator der Nutzungsmischung im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der Kilometer um 1% im Vergleich zum Ausgangsfall.

Abbildung 25 vergleicht die entsprechenden Effekte auf die Nutzungsmischung der einzelnen Maßnahmen bei Reduzierung der gefahrenen Kilometer um 1 % im Vergleich zum Ausgangsfall. Bis auf die Pigou-Maut unterscheiden sich die Effekte dabei nur minimal. Die Pigou-Maut erreicht mit einer Job-Housing-Balance von 2,20 AP je EW in der Kernstadt und 0,78 AP je EW im Umland dabei die stärkste Erhöhung der Nutzungsmischung. Positiv auf das Verhältnis von Arbeitsplätzen und Einwohnern wirken zudem die kilometerbasierte Maut mit 3,31, die Begrenzung der Geschwindigkeit sowie die Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt mit jeweils 3,34. Bei der Einführung von Zusatzfunktionen von Versorgungsunternehmen verschlechtert sich das Verhältnis leicht auf 3,4304. Zoning im Umland erhöht den Arbeitsplatzüberschuss in der Kernstadt sogar auf 3,46 AP je EW. Dieses Bild zeichnet sich ebenfalls im Umland ab. Auch hier wirken die kilometerbasierte Maut sowie die Begrenzung der Geschwindigkeit mit jeweils 0,57 sowie die Erhöhung der Wohnfläche in der Kernstadt mit 0,56 positiv auf das Verhältnis von Arbeitsplätzen und Einwohnern. Mit der Reduzierung der Job-Housing-Balance auf 0,5583 durch Erhöhung der Wohnfläche im Umland und auf 0,5579 durch Reduzierung der Einkaufsdistanzen verschlechtert sich auch hier der Indikator der Nutzungsmischung.

Das Zoning im Umland sowie die Zusatzfunktionen von Versorgungseinrichtungen tragen damit nicht zu der Erhöhung der Nutzungsmischung bei. Insbesondere bei letzterer Maßnahme, die eigentlich direkt die Nutzungsmischung verstärken soll, war dieses Ergebnis so nicht zu erwarten und ist deshalb von besonderer Bedeutung.

Beim Vergleich der Wirkungsindikatoren dominieren die Wohlfahrtseffekte durchgängig den Gesamteffekt. Die Veränderung der verkehrlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen hat dagegen kaum Einfluss auf den Gesamteffekt wie Tabelle 12 darstellt.

Tabelle 12: Wirkungsindikatoren im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der Kilometer um 1% im Vergleich zum Ausgangsfall

	Pigou-Maut (Faktor 23,46)	Kilometer- Maut (Faktor 36,2)	Geschwindig- keitsbegren- zung (23,66 km/h)	Distanzreduzie- rung Einkauf (Faktor 0,9608)	Zoning Kern- stadt (76,35 %)	Zoning Um- land (84,155 %)
EV [Mio. Euro]	-52,16	-1778,76	-3557,05	46,82	-40,46	-28,58
Emissions- einsparung [Mio. Euro]	6,22	19,50	-137,62	-0,03	0,74	-0,60
Gesamteffekt [Mio. Euro]	-45,94	-1759,25	-3694,67	46,79	-39,72	-29,18

Um eine Reduzierung der gefahrenen Kilometer um 1 % zu erreichen, gehen fast alle Maßnahmen mit Wohlfahrtverlusten einher. Nur die Reduzierung der Einkaufsdistanzen wirkt positiv auf die Wohlfahrt und erzeugt trotz Erhöhung der Emissionen im Endeffekt Gewinne in Höhe von 46,79 Mio. Euro. Im Mittelfeld bewegen sich die beiden Zoning-

Maßnahmen sowie die Pigou-Maut. Bis auf die Erhöhung der Wohnfläche im Umland tragen diese Maßnahmen immerhin zur Reduzierung der Emissionen bei. Der Gesamteffekt ist dennoch negativ. Auch die Einführung der kilometerbasierten Maut lässt die Emissionen sinken, verursacht jedoch Verluste in Höhe von 1.759,25 Mio. Euro. Das Schlusslicht der Maßnahmen bei der Wirkungsbeurteilung bildet mit Abstand die Begrenzung der Höchstgeschwindigkeiten. Hier entstehen sowohl Kosten aufgrund höherer Emissionen als auch aufgrund sinkender Wohlfahrt in Gesamthöhe von 3.694,67 Mio. Euro.

Der Vergleich der Einzelmaßnahmen zeigt deutlich, dass Maßnahmen, die die Raumstruktur im Sinne von kurzen Wegen verändern, nicht automatisch auch die gewünschten Wirkungen erzeugen und umgekehrt. Außerdem zeigen die Einzelvariationen der vorhergehenden Abschnitte, dass die jeweilige Ausgestaltung der Maßnahme ebenfalls erheblichen Einfluss auf die Indikatorenentwicklung besitzt. Die Ergebnisse der vorliegenden Reduzierung um 1 % der gefahrenen Kilometer sind daher nicht zu verallgemeinern. Eine stärkere oder weniger starke Senkung der Distanzen als Vergleichskriterium kann eine entsprechend andere Reihung der Maßnahmen generieren.

#### **4.4 Exkurs: Maßnahmenmix**

Viele second-best Maßnahmen gegen Stauexternalitäten wirken für sich allein genommen oft nicht effektiv. Eine Kombination bspw. des Zoning mit anderen Maßnahmen kann dagegen die Wohlfahrt maximieren. (Rhee u. a., 2014, S. 83) Im vorhergehenden Abschnitt wurden die Effekte der Einzelmaßnahmen miteinander verglichen. Es bleibt daher nun zu untersuchen, inwieweit eine Kombination der hier als wohlfahrtmaximierend herausgearbeiteten Ausgestaltung der Maßnahmen insgesamt die Ergebnisse beeinflussen.

Aus diesem Grund erfolgt zusätzlich folgende Modellierung:

- Einführung einer Pigou-Maut mit dem Faktor 3 bei gleichzeitiger Begrenzung der Geschwindigkeiten auf 40 km/h und Halbierung der Einkaufsdistanzen
- zusätzlich stehen 1 % mehr Wohnfläche für die Haushalte in der Kernstadt zur Verfügung

Um das Ausmaß der vorliegenden Arbeit nicht zu sprengen und aufgrund der Schwierigkeiten, den Einfluss der Einzelmaßnahmen zu separieren, werden die Ergebnisse nur kurz vorgestellt. Tabelle 13 zeigt die Wirkungs- und Strukturindikatoren im Vergleich zum Ausgangsfall.

Die Anpassungen erzeugen ein insgesamt höheres Produktionsniveau und dementsprechend eine höhere Nachfrage nach Güterbündeln. Auch die durchschnittliche Wohnfläche

erhöht sich aufgrund des geringeren Mietniveaus leicht. Weiterhin haben die Haushalte pro Tag mehr Freizeit zur Verfügung. Diese Effekte erzeugen ein höheres Nutzenniveau und damit Wohlfahrtsgewinne. Die Emissionen steigen trotz sinkenden Entfernungen stark an, was mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Verdopplung der Zeitverzögerungen der Haushalte durch Stau zurückzuführen ist. Im Gesamteffekt zeigt sich jedoch ein hoher Gewinn, der in diesem Ausmaß von keiner Einzelmaßnahme generiert werden konnte.

Tabelle 13: Struktur- und Wirkungsindikatoren bei Maßnahmenmix

Indikator	Beschreibung	Ausgangsfall	Mix	Trend
Dichte	Bevölkerungsdichte Kernstadt [Personen je km <sup>2</sup> ]	954,5	960,45	+ 0,62 %
Nähe	Durchschnittl. Entfernungen je Haushalt und Jahr [km]	15.245	9.421	- 38,2 %
Nutzungs- mischung	Job-Housing-Balance Kernstadt [AP/EW]	3,43	3,27	+
	Job-Housing-Balance Umland [AP/EW]	0,56	0,58	+
Wohlfahrt	Äquivalente Variation [Mio. Euro]	-	1.397,6	+
Umweltqualität	Emissionen im Stadtgebiet [Mio. t]	1,39	1,53	-
	Emissionseinsparungen [Mio. Euro]	-	-20,2	+
	Gesamteffekt [Mio. Euro]		1.377,4	+

Auch in Hinblick auf die räumlichen Strukturen schneidet der Maßnahmenmix in allen Indikatoren positiv ab. Es entsteht eine dichtere Struktur in der Kernstadt und die gefährlichen Distanzen reduzieren sich stark. Auch ein solcher Einfluss auf die Nähe konnte durch keine der Einzelmaßnahmen allein erreicht werden. Weiterhin nähern sich sowohl die Job-Housing-Balance sowohl in der Kernstadt als auch im Umland dem Zielwert von 1.

Die Modellierung legt nahe, dass eine Stadt der kurzen Wege weniger durch eine Einzelmaßnahme als vielmehr durch die Kombination mehrerer sich ergänzender Maßnahmen erreicht werden kann. Bereits in dem Strategieaufbau des Leitbildes (vgl. Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit) lässt sich das erkennen.

## 4.5 Grenzen der vorliegenden Arbeit

Grenzen der vorliegenden Arbeit ergeben sich hinsichtlich des zugrundeliegenden Modells, des verwendeten Bewertungsansatzes sowie dem vorgegebenen Rahmen.

Obwohl das in der vorliegenden Arbeit verwendete Modell durchaus realitätsnahe Aspekte besitzt wie bspw. die Verteilung der Produktion im gesamten Gebiet und die endogene Generierung des Verkehrsaufkommens, existieren ebenfalls Grenzen der Modellierung, die die Aussagekraft der Ergebnisse gegebenenfalls einschränken.

Oft wird von Praktikern die Nutzung einer vereinfachten Nutzenfunktion kritisiert. In der Realität bestehen weitere Anpassungsmechanismen und Vorteile kompakter Strukturen



wie bspw. Gesundheitsverbesserungen aufgrund des geringeren motorisierten Verkehrs, einer geringeren Energienachfrage, geringeren Kosten der Infrastrukturen, weniger Klimabelastungen, Biodiversitätsgewinnen usw.. Gleichzeitig verstärken sich jedoch Kriminalität, Stress, Lärm und Luftschadstoffemissionen usw. Auch die in der Realität möglichen Änderungen des Modal Split wirken auf das allgemeine Stauniveau und im Resultat indirekt auf die oben beschriebenen Aspekte. Und die Natur des menschlichen Handelns macht die zugrunde liegenden Mechanismen sehr komplex. (Zhang & Kockelman, 2014)

Insbesondere die Auswirkungen einer möglichen Verkehrsmittelwahl sind im Zusammenhang mit dem Konzept einer Stadt der kurzen Wege besonders relevant. Der Strategiebericht beinhaltet die konsequente Deattraktivierung des motorisierten Individualverkehrs zugunsten des Umweltverbundes, d. h. dem Zufußgehen, Radfahren und der ÖV-Nutzung. Das hier nicht berücksichtigte Ausweichverhalten der Haushalte auf andere Verkehrsmittel kann dabei die Aussagekraft der Ergebnisse erheblich verbessern.

Weiterhin besteht die Annahme von homogenen Haushalten, die nur unzureichend die Realität abbildet. Die Modellierung einer heterogenen Bevölkerung, die sich in ihren Präferenzen sowie in Haushaltsgröße und –zusammensetzung unterscheiden wie bspw. in Tschakraborty & Hirte (2009) würde die Qualität der Ergebnisse ebenfalls verbessern.

Anas & Pines (2008) zeigen zudem am Beispiel einer UGB, dass Maßnahmen, die auf die Flächenreduzierung einer Stadt zielen, Wechselwirkungen mit anderen Städten vernachlässigen und damit das Gesamtausmaß des Urban Sprawl erweitern können. Die Einbeziehung dieser Wechselwirkungen mit anderen Städten bzw. Regionen verringert zusätzlich die Aussagekraft der Ergebnisse.

Eine Modellerweiterung um die Möglichkeit der Verkehrsmittelwahl, einer heterogenen Bevölkerung sowie den Wechselwirkungen mit anderen Gebieten scheint daher sinnvoll, um die Wirkungsmechanismen einer Stadt der kurzen Wege möglichst realitätsnah und aussagekräftig abzubilden.

Neben den Einschränkungen aufgrund des verwendeten Modells existieren ebenfalls Verbesserungsmöglichkeiten hinsichtlich der Struktur- und Wirkungsbewertung der Maßnahmen. Insbesondere die Einbeziehung anderer verkehrlicher Wirkungen wie bspw. der Lärm- und Luftschadstoffbelastung tragen zu einer besseren Beurteilung der Veränderungen der Lebensqualität der Bevölkerung bei. Die alleinige Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bietet bisher nur einen Näherungswert. Auch aus sozialer Sicht sollten Indikatoren in die Wirkungsevaluation aufgenommen werden. Die Erreichbarkeit von sowie der Zugang zu Aktivitäten oder Auswirkungen auf die Erreichbarkeit würden zu einer umfassenden Bewertung der Maßnahmen beitragen.

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurde eine Vielzahl von Maßnahmen im allgemeinen Kontext einer Stadt der kurzen Wege vorgestellt, untersucht und bewertet. Aus diesem Grund konnte hier oftmals nur ein Überblick über die möglichen Maßnahmen sowie ihre Effekte gegeben werden. Die intensive Auseinandersetzung mit einzelnen Maßnahmen in einem engeren Kontext könnte ebenfalls Verständnisgewinne generieren. Dies war im Rahmen der vorliegenden Arbeit jedoch nicht möglich.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Urban Sprawl, d. h. die exzessive Ausdehnung städtischer Fläche erzeugt sowohl ökonomische, ökologische und soziale als auch verkehrliche negative Konsequenzen und stellt damit ein ernst zu nehmendes Problem im urbanen Kontext dar. Diese Entwicklung ist einerseits auf natürliche Ursachen wie Bevölkerungswachstum, Präferenzen der Haushalte und die fallenden Transportkosten zurückzuführen. Andererseits treiben auch bestehende Marktverzerrungen wie die Subventionierung suburbaner Infrastrukturen, die fehlende Einbeziehung des Nutzens von freier Fläche und im Speziellen die Nicht-Berücksichtigung der externen Kosten des Verkehrs das städtische Wachstum über das optimale Maß hinaus voran.

Im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht daher das Konzept einer Stadt der kurzen Wege, das eine Möglichkeit darstellt, diesen Problemen zu begegnen. Ziel ist es dabei, mit Hilfe von Verdichtung und Nutzungsmischung innerhalb urbaner Strukturen die Verlagerung und Vermeidung von Verkehr zu erreichen und die Distanzen insgesamt zu senken. Um die Wirksamkeit dieses Konzeptes besser beurteilen zu können, untersucht die vorliegende Arbeit die folgenden Fragestellungen:

- Wie kann eine Stadt der kurzen Wege definiert werden? Welche Merkmale besitzt sie, welche Wirkungen erzeugt sie und wie können diese gemessen werden?
- Wie kann eine Stadt der kurzen Wege umgesetzt werden? Welche Strategie wird dazu verfolgt und welche Maßnahmen stehen zur Verfügung?
- Inwieweit tragen ausgewählte Maßnahmen zur Schaffung einer Stadt der kurzen Wege bei? Wie wirken sie und welche Rolle spielt ihre Ausgestaltung?

Die Basisvoraussetzungen einer Stadt der kurzen Wege stellen Dichte und Nutzungsmischung dar. In polyzentrischen Strukturen kommt der räumlichen Nähe ebenfalls Bedeutung zu. Weiterhin werden oft die ergänzenden Merkmale einer hohen Aufenthaltsqualität des öffentlichen Raumes sowie eine sehr gute Erreichbarkeit von Aktivitäten mit dem Umweltverbund genannt. Die Verdichtung urbaner Räume reduziert dabei direkt den Flächenverbrauch, Nutzungsmischung wirkt eher indirekt über die Reduzierung der Abhängigkeit vom motorisierten Individualverkehr. Diese strukturellen Merkmale schaffen so die Voraussetzung dafür, dass alltägliche Wege verkehrssparsam, in kurzer Zeit und unabhängig vom Pkw umgesetzt werden können.

Die Wirkungen einer Stadt der kurzen Wege können nur schwer abgeschätzt werden, da sowohl verstärkende als auch gegenläufige und verkehrsinduzierende Tendenzen bestehen. Auf der einen Seite bestätigen sich damit die Wirkungen von Verdichtung und Nut-

zungsmischung im Sinne von kurzen Wegen: die Wahl des Fuß-, Rad- und öffentlichen Verkehrs wird begünstigt, die Verkettung von Wegen wird erleichtert und die Nahversorgung gefördert. Auf der anderen Seite kann die bessere Erreichbarkeit von Aktivitäten die Wegehäufigkeiten erhöhen. Das Konzept stößt zudem bei spezialisierten Fachgeschäften und Arbeitsplätzen an seine Grenzen und sein Einfluss wird durch individuelle Mobilitätsmuster und Präferenzen verzerrt. Insbesondere die sogenannten Rebound-Effekte, d. h. die Nutzung von eingesparten Reisezeiten für längere und/oder zusätzliche Wege können gegebenenfalls die Wirkungen einer Stadt der kurzen Wege überkompensieren. Insgesamt ist die Einschätzung der Wirksamkeit des Konzeptes aufgrund des zugrunde liegenden und komplexen Wirkungsgeflechts aus Raumstruktur, Verkehr und individuellen Einflüssen daher schwierig. Die Beeinflussung der Raumstruktur schafft dennoch die wesentlichen Rahmenbedingungen für Ortsveränderungen und darf daher nicht vernachlässigt werden.

Um dennoch Aussagen über die Wirksamkeit einer Stadt der kurzen Wege treffen zu können, wurden Indikatoren entwickelt. Strukturindikatoren zeigen dabei, inwieweit die räumlichen Strukturen (d. h. die Schlüsselmerkmale der Dichte, Nähe und Nutzungsmischung) umgesetzt wurden. Der Beurteilung der Effektivität von Maßnahmen dienen Wirkungsindikatoren. Die verwendeten Indikatoren sind in Tabelle 14 zusammengefasst.

Tabelle 14: Verwendete Indikatoren

Kategorie		Indikator	Beschreibung
Struktur-indikatoren	Dichte	Bevölkerungsdichte	Anzahl der Einwohner je Flächeneinheit
	Nähe	Wegelänge	Durchschn. Entfernung der Haushalte pro Jahr
	Nutzungsmischung	Job-Housing Balance	Anzahl Einwohner je Anzahl Arbeitsplätze
Wirkungs-indikatoren	Ökonomisch	Wohlfahrt	Äquivalente Variation (EV)
	Ökologisch	Umweltqualität	Gesamtausstoß an Emissionen des Verkehrs

Bei der praktischen Umsetzung des Konzeptes werden die folgenden drei Strategieansätze verfolgt, die auf siedlungsstruktureller, organisatorischer sowie verkehrlicher Ebene ansetzen:

- Schaffung der räumlicher Rahmenbedingungen im Sinne der kurzen Wege
- Förderung der verkehrssparsamen Nutzung dieser baulichen Strukturen
- Erhöhung des Raumwiderstandes über Reisezeiten und Kosten

Es existieren damit auf der einen Seite Push-Elemente, die das gewünschte Verhalten forcieren. Auf der anderen Seite werden diese durch die Attraktivierung von Alternativen mit Hilfe von Pull-Elementen unterstützt. Dieser Aufbau lässt entsprechend ein breites Spektrum an möglichen Einzelmaßnahmen zu, die je nach Ausgestaltung und Rahmenbedingungen in ihren Wirkungen stark variieren können. Dies wird an den Beispielen der Straßennutzungsgebühren, der Begrenzung der erlaubten Höchstgeschwindigkeiten, der

Erweiterung von Versorgungseinrichtungen und der Regulierung der Flächennutzungen deutlich.

Für die Modellierung der oben genannten Maßnahmen wird ein ökonomisches Stadtmodell genutzt, in denen Haushalte und Unternehmen endogen ihren Wohn- bzw. Produktionsstandort wählen. Verkehrsaktivitäten entstehen dabei aufgrund der notwendigen Ortsveränderungen für das Arbeiten und Einkaufen. Der Ausgangsfall wird so kalibriert, dass er einem durchschnittlichen Stadtgebiet inklusive Umland der Bundesrepublik Deutschland entspricht. Mit Hilfe der erarbeiteten Indikatoren werden die ausgewählten Maßnahmen und deren Variation hinsichtlich ihrer Wirksamkeit evaluiert.

Die Einführung einer Pigou-Maut lässt im Sinne der kurzen Wege die Bevölkerungsdichte in der Kernstadt steigen und führt zu einer Annäherung der Anzahl von Arbeitsplätzen und Einwohnern. Entgegen den im Konzept verfolgten Zielsetzungen steigen jedoch die durchschnittlich gefahrenen Kilometer. Insgesamt werden die strukturellen Elemente der Dichte und Nutzungsmischung damit verstärkt, die der Nähe jedoch gemindert. Hinsichtlich der Wirkungen zeigt sich ebenfalls ein gemischtes Bild. Im Vergleich zum Ausgangsfall können konsequent Emissionen eingespart werden. Die Wohlfahrt steigt mit steigenden Mautgebühren zunächst, fällt jedoch ab einem gewissen Punkt und wird im Extrem negativ.

Auch die Einführung einer kilometerbasierten Maut verbessert die Raumstruktur im Sinne einer Stadt der kurzen Wege, indem zur Verdichtung der Kernstadt und der Nutzungsmischung im gesamten Gebiet beigetragen wird. Im Gegensatz zur Pigou-Maut sinken hier auch die durchschnittlich gefahrenen Distanzen der Haushalte und erhöhen somit die Nähe. Bei der Wohlfahrt und der Entwicklung der Emissionen bestätigen sich die Ergebnisse der Pigou-Maut, allerdings auf einem geringeren Niveau.

Die Begrenzung der Höchstgeschwindigkeiten weisen ebenfalls positive Entwicklungen hinsichtlich der Dichte und Nutzungsmischung auf. Die zurückgelegten Entfernungen der Haushalte steigen dagegen zunächst. Eine starke Entschleunigung des Verkehrs lässt aber auch sie sinken und schafft somit Strukturen der kurzen Wege. Die Emissionen steigen jedoch konsequent und gleichzeitig sinkt die Wohlfahrt. Bezüglich der Wirkungen schneidet diese Maßnahme damit durchgehend schlecht ab.

Die Erweiterung von Versorgungsunternehmen mit Zusatzfunktionen wird mit Hilfe der Reduzierung der Einkaufsdistanzen modelliert. Obwohl die durchschnittlich gefahrenen Kilometer stark sinken, wirkt diese Maßnahme negativ auf die Dichte und Nutzungsmischung. Die Emissionen steigen dabei leicht, aufgrund der starken Wohlfahrtsgewinne können insgesamt positive Wirkungen erreicht werden.

Bei der Flächennutzungsregulierung durch Zoning müssen die Variation der Wohnfläche in der Kernstadt und die Variation der Wohnfläche im Umland unterschieden werden. Hinsichtlich der Verdichtung zeichnet erstere mit steigenden Anteilen für Wohnen in der Kernstadt ein positives Bild. Die anteilige Erhöhung der Wohnfläche im Umland lässt dagegen die Dichte in der Kernstadt sinken. Bei beiden Maßnahmen sinken die gefahrenen Kilometer mit steigenden Anteilen an Wohnfläche, der Effekt ist beim Zoning im Umland stärker zu beobachten. Im Hinblick auf die Nutzungsmischung wirkt das Zoning in der Kernstadt wiederum positiv, im Umland dagegen negativ. Die Entwicklung der Strukturindikatoren unterscheidet sich damit stark. Bezüglich ihrer Wirkungen zeigt sich jedoch ein ähnliches Bild. Egal in welche Richtung vom Ausgangsfall abgewichen wird, senkt sich die Wohlfahrt. Die Entwicklung der Emissionen hängt dagegen von den jeweiligen Abweichungen ab.

Die Untersuchung der Einzelmaßnahmen zeigt, dass ihre Wirkungen auf die angestrebte Struktur, die Wohlfahrt sowie die Umweltqualität stark von ihrer entsprechenden Ausgestaltung abhängen. Für den direkten Vergleich wurde als Kriterium daher die Reduzierung der gefahrenen Kilometer um 1 % angesetzt. Für diese vergleichsweise geringe Senkung der Distanzen muss in beiden Mautalternativen die Maut stark erhöht werden. Auch die erlaubten Höchstgeschwindigkeiten müssen für diesen Effekt stark gesenkt werden. Der gleiche Effekt ist mit einer geringen Reduzierung der Einkaufsdistanzen sowie geringen Zoning-Eingriffen zu erreichen. Tabelle 15 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 15: Struktur- und Wirkungsindikatoren im Maßnahmenvergleich bei Reduzierung der zurückgelegten Distanzen des Ausgangsfalls um 1 %

	Pigou-Maut (Faktor 23,46)	Kilometer- Maut (Faktor 36,2)	Geschwin- digkeitsbe- grenzung (23,66 km/h)	Distanzreduzie- rung Einkauf (Faktor 0,9608)	Zoning Kernstadt (76,35 %)	Zoning Umland (84,155 %)
Bev.dichte Kernstadt [EW/km <sup>2</sup> ]	978,49	967,64	970,81	954,17	976,74	949,61
Job-Housing- Balance Kernstadt [AP/EW]	2,1993	3,3082	3,3381	3,4304	3,3426	3,4589
Job-Housing- Balance Umland [AP/EW]	0,7752	0,5731	0,5659	0,5579	0,5619	0,5553
EV [Mio. Euro]	-52,16	-1778,76	-3557,05	46,82	-40,46	-28,58
Emissions- einsparung [Mio. Euro]	6,22	19,50	-137,62	-0,03	0,74	-0,60
Gesamteffekt [Mio. Euro]	-45,94	-1759,25	-3694,67	46,79	-39,72	-29,18

Es zeigt sich, dass zur Erreichung einer einprozentigen Entfernungsreduzierung im Vergleich zum Ausgangsfall insgesamt nur die Erweiterung von Versorgungseinrichtungen mit Zusatzfunktionen Wohlfahrtsgewinne generiert. Die Strukturen einer Stadt der kurzen Wege werden dagegen nicht erzeugt und auch die Emissionen erhöht. Die anderen Maßnahmen weisen starke Wohlfahrtsverluste auf, was entgegen dem Konzept steht. Insgesamt unterstützen diese Ergebnisse damit kaum die Wirksamkeit des Konzeptes.

Es wird jedoch oftmals betont, dass eine Stadt der kurzen Wege ein Sammelbegriff für ein breites Maßnahmenpaket darstellt. Die Modellierung der Kombination der zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen in ihrer wohlfahrtsmaximierenden Form bestätigt dies. Obwohl das Maßnahmenpaket zu einer leichten Erhöhung der Emissionen führt, entwickeln sich die restlichen Indikatoren in eine positive Richtung. Insbesondere die starke Reduzierung der gefahrenen Kilometer und die gleichzeitig hohen Wohlfahrtsgewinne sprechen für die verstärkende Wirkung der Einzelmaßnahmen untereinander, die das Konzept der Stadt der kurzen Wege wirksam macht.

Dennoch ist zu beachten, dass der Aussagekraft der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit Grenzen gesetzt sind. So können die zugrunde liegenden Annahmen des Modells hinsichtlich ihrer Realitätsnähe kritisiert werden. Und auch die Erweiterung des Modells um die Möglichkeit der Verkehrsmittelwahl, einer heterogenen Bevölkerung sowie Wechselwirkungen mit anderen Gebieten würde zur Qualitätssteigerung der Ergebnisse beitragen. Zusätzlich wäre die Aufnahme weiterer Indikatoren für eine bessere Beurteilung der Wirkungen zu empfehlen. Dies war im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich, sollte jedoch in weiterführenden Arbeiten berücksichtigt werden.

Insgesamt zeigt sich damit, dass eine Stadt der kurzen Wege durchaus die gewünschten Ziele umsetzen kann. Die Einführung von einzelnen Maßnahmen bietet dafür jedoch nur wenig Potential. Vielmehr erfordert eine Stadt der kurzen Wege die Einführung einer Gesamtstrategie, die verschiedene Maßnahmen kombiniert.



## Literaturverzeichnis

- Altenburg, S., Gaffron, C. & Gertz, C. (2009). *Teilhabe zu ermöglichen bedeutet Mobilität zu ermöglichen* (Diskussionspapier des Arbeitskreises Innovative Verkehrspolitik). Bonn: Friedrich-Ebert-Stiftung, Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik.
- Anas, A. & Hiramatsu, T. (2013). The economics of cordon tolling: General equilibrium and welfare analysis. *Economics of Transportation*, 2, 18–37.
- Anas, A. & Pines, D. (2008). Anti-sprawl policies in a system of congested cities. *Regional Science and Urban Economics*, 38, 408–423.
- Anas, A. & Rhee, H.-J. (2006). Curbing excess sprawl with congestion tolls and urban boundaries. *Regional Science and Urban Economics*, 36, 510–541.
- Anas, A. & Rhee, H.-J. (2007). When are urban growth boundaries not second-best policies to congestion tolls? *Journal of Urban Economics*, 61, 263–286.
- Anas, A. & Xu, R. (1999). Congestion, Land Use and Job Dispersion: A General Equilibrium Model. *Journal of Urban Economics*, 45, 451–473.
- Arnott, R. (1979). Unpriced transport congestion. *Journal of Economic Theory*, 21, 294–316.
- Arnott, R. & Inci, E. (2005). *An integrated Model of downtown Parking and Traffic Congestion* (Boston College Working Papers in Economics).
- Becker, U., Gerike, R. & Winter, M. (2009). *Grundwissen Verkehrsökologie*. Dresden: Dresdner Institut für Wirtschaft und Verkehr.
- Becker, U., Becker, Th., Gerlach, J. (2012). *Externe Autokosten in der EU-27: Überblick über existierende Studien* (Im Auftrag der Grünen/EFA im Europäischen Parlament). Brüssel.
- Beckmann, K., Gies, J., Thiemann-Linden, J. & Preuß, T. (2011). *Leitkonzept - Stadt und Region der kurzen Wege. Gutachten im Kontext der Biodiversitätsstrategie* (UBA Texte No. 48). Dessau-Roßlau: Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- Bento, A. M. & Franco, S. F. (2006). The efficiency and distributional impacts of alternative anti-sprawl policies. *Journal of Urban Economics*, 59, 121–141.

- Bhatta, B. (2010). Causes and Consequences of Urban Growth and Sprawl. In B. Bhatta, *Analysis of Urban Growth and Sprawl from Remote Sensing Data* (S. 17–36). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bourn, J. & MacDonald, G. (2012). *Definition of suitable actions/measures for an efficient and energy saving organization of goods transport and delivery in urban areas* (Final Report).
- Brueckner, J. K. (2000). Urban Sprawl: Diagnosis and Remedies. *International Regional Science Review*, 23(2), 160–171.
- Brueckner, J. K. (2001). Urban Sprawl: Lessons from Urban Economics. *Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs*, 1, 65–97. Im Internet unter: <http://doi.org/10.1353/urb.2001.0003> (abgerufen am: 06.11.2015)
- Brueckner, J. K. (2006). Government Land-Use Interventions: An economic Analysis. Gehalten auf dem 4th Urban Research Symposium, Washington, D.C.: World Bank.
- Brueckner, J. K. (2007). Urban growth boundaries: An effective second-best remedy for unpriced traffic congestion? *Journal of Housing Economics*, 16, 263–273.
- Brueckner, J. K. (2011). *Lectures on Urban Economics*. London: The MIT Press.
- Brueckner, J. K. & Kim, H.-A. (2002). Urban Sprawl and the Property Tax.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2016). Grundsteuergesetz 1973. Im Internet unter: [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/grstg\\_1973/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/grstg_1973/gesamt.pdf) (abgerufen am: 27.01.2016)
- Bundeszentrale für politische Bildung. (2013). *Datenreport 2013: Ein Sozialbericht für die Bundesrepublik Deutschland*. Bonn: Statistisches Bundesamt. Im Internet unter: [www.wzb.eu/publikationen/datenreport](http://www.wzb.eu/publikationen/datenreport) (abgerufen am: 28.12.2015)
- Burton, E. (2002). Measuring Urban Compactness in UK Towns and Cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 29(2), 219–250. Im Internet unter: <http://doi.org/10.1068/b2713> (abgerufen am: 08.12.2015)
- Button, K. (1993). *Transport economics* (2nd ed). Aldershot, Hants, England ; Brookfield, Vt: Elgar. ISBN 978-1-85278-521-5.

- Corkle, J., Giese, J. L. & Marti, M. M. (2001). *Investigating the Effectiveness of Traffic Calming Strategies on Driver Behavior, Traffic Flow and Speed* (Final Report No. 2). Minnesota Department of Transportation.
- European Environment Agency. (2006). *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge* (EEA Report No. 10). Kopenhagen. Im Internet unter:  
[http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2006\\_10/eea\\_report\\_10\\_2006.pdf](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10/eea_report_10_2006.pdf) (abgerufen am: 10.01.2016)
- Ewing, R. (2002). *Measuring sprawl and its impacts*. Smart Growth America. Im Internet unter: <http://www.smartgrowthamerica.org/documents/MeasuringSprawl.PDF> (abgerufen am: 12.08.2015)
- Ewing, R. & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294.
- Franz, M., Könighaus, D. & Müller, S. (2014). *Förderung des Rad- und Fussverkehrs: Kosteneffiziente Maßnahmen im öffentlichen Straßenraum* (Handbuch für die kommunale Praxis No. 3). Frankfurt am Main: ivm GmbH.
- Fuhrich, M., Dosch, F., Pahl-Weber, E. & Zillmann, K. (2004). *Kompass für den Weg zur Stadt der Zukunft: Indikatorengestützte Erfolgskontrolle nachhaltiger Stadtentwicklung - Eine Orientierungshilfe für die kommunale Praxis* (Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen). Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Gerlach, J., Hübner, S., Becker, T. & Becker, U. (2015). *Entwicklung von Indikatoren im Bereich Mobilität für die Nationale Nachhaltigkeitsstrategie* (UBA Texte No. 12). Dessau-Roßlau: Im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- Gertz, C. (1998). *Umsetzungsprozesse in der Stadt- und Verkehrsplanung. Die Strategie der kurzen Wege*. Berlin: Technische Universität Berlin, Universitätsbibliothek, Abt. Publikationen.
- Gertz, C. (1999). Populäre Argumente gegen die „Stadt der kurzen Wege“ - und warum wir trotzdem etwas tun können. In J. Brunsing & M. Frehn (Hrsg.), *Stadt der kurzen Wege: Zukunftsfähiges Leitbild oder planerische Utopie?* (S. 126–134).

Dortmund: IRPUD.

Gordon, P. & Richardson, H. W. (1997). Are Compact Cities a Desirable Planning Goal?  
*Journal of the American Planning Association*, 95–106.

Hesse, M. (1999). Die Logik der kurzen Wege: Räumliche Mobilität und Verkehr als  
Gegenstand der Stadtforschung. *Erdkunde*, 53, 317–329.

Hickman, R. & Banister, D. (2004). *Reducing Travel By Design: Urban Form and the  
Commute to Work*. Association for European Transport.

Hirte, G. & Tscharaktschiew, S. (2013). Income tax deduction of commuting expenses in  
an urban CGE study: The case of German cities. *Transport Policy*, 28, 11–27.

Holz-Rau, C. & Sicks, K. (2013). Stadt der kurzen Wege und der weiten Reisen.  
*Raumforschung und Raumordnung*, 71, 15–31.

immowelt. (2016). Mietspiegel in Deutschland. Im Internet unter:  
<http://www.immowelt.de/immobilienpreise/deutschland/mietspiegel> (abgerufen am:  
01.03.2015)

Infras & DLR. (2010). *Mobilität in Deutschland 2008: Ergebnisbericht*. Bonn, Berlin:  
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Joshi, K. K. & Kono, T. (2009). Optimization of floor area ratio regulation in a growing city.  
*Regional Science and Urban Economics*, 39, 502–511.

Kanemoto, Y. (1977). Cost-benefit analysis and the second-best land use for  
transportation. *Journal of Urban Economics*, 4, 483–503.

Kearns, S., Eliasson, J., Xian, G. S., Buckeye, K., Komanoff, C. & Moroni, S. (2014). *In-  
ternational Best Practices for Congestion Charge and Low Emissions Zone*  
(Im Auftrag der Energy Foundation China).

Kono, T. & Joshi, K. K. (2012). A new interpretation on the optimal density regulations:  
Closed and open city. *Journal of Housing Economics*, 21, 223–234.

Kono, T. & Pines, D. (2013). *Optimal spatial structure of property tax in congested and  
non-congested monocentric cities*.

KOSIS-Gemeinschaft. (o. J.). Urban Audit Informationsportal. Im Internet unter:  
<http://www.duva-server.de/UrbanAudit/> (abgerufen am 28.12.2015)

- Kwan, M.-P. & Dijst, M. (2007). The interaction between ICT and human activity-travel behavior. *Transport Research Part A*, 41, 121–124.
- Leck, E. (2006). The Impact of Urban Form on Travel Behavior: A Meta-Analysis. *Berkeley Planning Journal*, 19, 37–58.
- Maat, K. & Arentze, I. (2012). Feedback Effects in the Relationship between Built Environment and Travel. *disP The Planning Review*, 48(3), 16–23.
- McConnell, V., Walls, M. & Kopits, E. (2006). Zoning, TDRs and the density of development. *Journal of Urban Economics*, 59, 440–457.
- Mokhtarian, P. L. (2009). If telecommunication is such a good substitute for travel, why does congestion continue to get worse? *Transportation Letters: The International Journal of Transportation Research*, 1(1), 1–17. Im Internet unter: <http://doi.org/10.3328/TL.2009.01.01.1-17> (abgerufen am: 28.01.2016)
- Naess, P. (2012). Urban form and travel behavior: Experience from a Nordic context. *The Journal of Transport and Land Use*, 5(2), 21–45.
- Nitzsche, E. & Tscharaktschiew, S. (2013). Efficiency of speed limits in cities: A spatial computable general equilibrium assessment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 56, 23–48.
- OECD. (2012). *Compact City Policies. A comparative assessment* (OECD Green Growth Studies). OECD Publishing. Im Internet unter: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264167865-en> (abgerufen am: 09.08.2015)
- OECD. (2015). *The Metropolitan Century: Understanding Urbanisation and its Consequences*. Paris: OECD Publishing. Im Internet unter: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264228733-en> (abgerufen am: 10.01.2016)
- Ortuño-Padilla, A. & Fernández-Aracil, P. (2013). Impact of fuel price on the development of the urban sprawl in Spain. *Journal of Transport Geography*, 33, 180–187. Im Internet unter: <http://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.10.004> (abgerufen am: 26.01.2016)
- O’Sullivan, A. (2007). *Urban economics*. Boston: McGraw-Hill/Irwin.

- Pines, D. & Kono, T. (2012). FAR regulations and unpriced transport congestion. *Regional Science and Urban Economics*, 42, 931–937.
- Pines, D. & Sadka, E. (1985). Zoning, first-best, second-best and third-best criteria for allocating land to roads. *Journal of Urban Economics*, (17), 167–183.
- Rhee, H.-J. & Hirte, G. (o. J.). Regulation versus Taxation: Efficiency of Zoning and Tax Instruments as Anti-Congestion Policies.
- Rhee, H.-J., Yu, S. & Hirte, G. (2014). Zoning in cities with traffic congestion and agglomeration economies. *Regional Science and Urban Economics*, 44, 82–93.
- Richard, J. & Steven, H. (2000). *Planungsempfehlungen für eine umweltentlastende Verkehrsberuhigung: Minderung von Lärm- und Schadstoffemissionen an Wohn- und Verkehrsstraßen* (UBA Texte No. 52). Berlin: Umweltbundesamt.
- Schreckenberg, W. (1999). *Siedlungsstrukturen der kurzen Wege / Ansätze für eine nachhaltige Stadt-, Regional- und Verkehrsentwicklung* (Bd. Werkstatt: Praxis). Bonn: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Schwermer, S., Preiss, P. & Müller, W. (2012). *Best-Practice Cost Rates for Air Pollutants, Transport, Power Generation and Heat Generation* (Annex B to „Economic Valuation of Environmental Damage - Methodological Convention 2.0 for Estimates of Environmental Costs“). Dessau: German Federal Environment Agency (UBA).
- Siedentop, S. (2005). Urban Sprawl - verstehen, messen, steuern. Ansatzpunkte für eine empirisches Mess- und Evaluationskonzept der urbanen Siedlungsentwicklung. *DISP*, 160, 23–35.
- Song, Y. & Senou, Y. (2005). *Property Tax and Urban Sprawl: Theory and Implications for U. S. Cities* (IUI Working Paper No. 648). Stockholm: Research Institute of Industrial Economics (IFN).
- Souche, S. (2010). Measuring the structural determinants of urban travel demand. *Transport Policy*, (17), 127–134.
- Statistische Ämter der Länder. (2014). *Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 1992 und*

- 1994 bis 2012 (Reihe 2 No. Band 1). Stuttgart: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg.
- Statistisches Bundesamt. (2015). *Statistisches Jahrbuch Deutschland 2015*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Stead, D. & Marshall, S. (2001). The Relationship between Urban Form and Travel Patterns. An International Review and Evaluation. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 1(2), 113–141.
- Steyrer, H. (2015). Anmerkungen zum Dichte-Begriff. *Standpunkte. Online-Magazin des Münchner Forum e.V.*, 03, 3–7.
- Streit, T., Chlond, B., Weiß, C. & Vortisch, P. (2015). *Deutsches Mobilitätspanel (MOP) - Wissenschaftliche Begleitung und Auswertungen Bericht 2013/2014: Alltagsmobilität und Fahrleistung* (Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur No. Forschungsprojekt FE-Nr. 70.0864/2011). Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT).
- The Canadian Encyclopedia. (2013). Zoning. Im Internet unter: <http://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/zoning/> (abgerufen am: 27.01.2016)
- Tscharaktschiew, S. & Hirte, G. (2009). An urban general equilibrium model with multiple household structures and travel mode choice. *Dresden Discussion Paper Series in Economics*, 06.
- Tscharaktschiew, S. & Hirte, G. (2010). The drawbacks and opportunities of carbon charges in metropolitan areas - A spatial general equilibrium approach. *Ecological Economics*, 70, 339–357.
- Tscharaktschiew, S. & Hirte, G. (2012). Should subsidies to urban passenger transport be increased? A spatial CGE analysis for German metropolitan area. *Transport Research Part A: Policy and Practice*, 46, 285–309.
- Tsibel, N. (2014). *Index of compactness of municipalities and local councils 2006* (No. Publication No. 1563). Jerusalem: Central Bureau of Statistics. Im Internet unter:



[http://www1.cbs.gov.il/publications14/1563/pdf/e\\_print.pdf](http://www1.cbs.gov.il/publications14/1563/pdf/e_print.pdf) (abgerufen am: 17.11.2015)

TU Dresden (Projektkoordinator). (2013). Transport Learning. Im Internet unter:

<http://transportlearning.net> (abgerufen am: 01.02.2016)

van Wee, B. (2014). Self-Selection: A Key to a better Understanding of Location Choices, Travel Behaviour and Transport Externalities? *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 3(29), 279–292.

Varian, H. R. & Buchegger, R. (2001). *Grundzüge der Mikroökonomik* (5., überarb. Aufl). München: Oldenbourg.

Victoria Transport Policy Institute. (2014, Mai). Online TDM Encyclopedia. Im Internet unter: <http://www.vtpi.org/tdm/index.php#TDM> (abgerufen am: 22.11.2015)

Zhang, W. & Kockelman, K. M. (2014). Urban Sprawl, Job Decentralization and Congestion: The Welfare Effects of Congestion Tolls and Urban Growth Boundaries. Gehalten auf dem 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board.